

Definição de estratégias de aprovisionamento de matérias-primas em sistemas com elevada variabilidade

Pedro Rafael Gonçalves Peixoto

Dissertação de Mestrado

Orientador na FEUP: Prof. Samuel Moniz



Mestrado Integrado em Engenharia e Gestão Industrial

2017-07-17

Aos meus pais, irmã e avós.

Resumo

O projeto aqui apresentado foi realizado na Bosch Termotecnologia, integrando-se no Departamento de Logística e surgiu na necessidade de averiguar a possibilidade de reduzir os níveis de inventário de matérias-primas para fornecedores cujo método de planeamento é *pull*. Atualmente o método de aprovisionamento é baseado em previsões, o que aliado à elevada variabilidade nos consumos a curto-prazo fruto da elevada flexibilidade que a empresa tem para reagir aos pedidos dos clientes, permite suspeitar que existe uma forte possibilidade de otimização dos níveis de inventário.

Neste projeto, e por sugestão dos responsáveis da empresa, realizou-se um estudo aprofundado para um fornecedor e cuja redução dos níveis de inventário é de maior interesse em virtude do custo elevado das matérias-primas, tendo sido escolhido o ano de 2016 para estudo.

A metodologia seguida consistiu em calcular os indicadores de gestão de *stocks* e analisar detalhadamente os parâmetros subjacentes ao método de aprovisionamento atual, com o objetivo de confirmar as suspeitas da empresa de níveis de inventário elevados e, posteriormente, possibilitar a identificação de medidas de melhoria, tendo sido realizado um estudo aprofundado dos métodos de previsão e do cálculo de *stock* de segurança.

Após identificação e apresentação das medidas de melhoria assim como do impacto individualizado das mesmas, procedeu-se à construção de uma simulação cujo objetivo foi replicar o processo de aprovisionamento no ano de 2016 aplicando modelos de gestão de inventário alternativos (através da agregação das diversas propostas de melhoria sugeridas). Com base nesse estudo, que permitiu obter uma noção real do impacto das propostas de melhoria sugeridas no processo de aprovisionamento, mediu-se o impacto económico e nos níveis inventário das mesmas.

As conclusões obtidas confirmam que o sistema de aprovisionamento, atualmente utilizado pela empresa é, na realidade, extremamente sensível às fortes variações dos consumos a curto-prazo. E que a capacidade do sistema atual de lidar com a essa variabilidade é limitada. Consequentemente, os níveis de inventário são de facto elevados. Verificou-se que utilizando um novo sistema de aprovisionamento menos exposto à variabilidade dos consumos, nomeadamente através do cálculo do *stock* de segurança com base no desvio padrão do histórico dos consumos ao invés do uso das previsões, há uma redução nos níveis de inventário de aproximadamente 34%. Adicionalmente, com o novo sistema de aprovisionamento sugerido verifica-se que os níveis de inventário apresentam um comportamento regular e há um aumento na frequência de encomenda com as quantidades encomendadas a apresentarem um valor regular (não sujeita a picos de encomenda). Em termos económicos, a redução média de inventário expectável é de 13.720,37 € e a poupança anual esperada com a diminuição da quantidade encomenda é de 55.685,13 € (redução de 11% relativamente à situação atual).

Definition of strategies for the replenishment of raw materials in systems with high variability

Abstract

The project presented here was carried out at Bosch Thermotechnology, integrating in the Logistics Department and it emerged in the need to investigate the possibility of reducing the inventory levels of raw materials for suppliers whose planning method is pull. Currently, the procurement method is based on forecasts, which together with the high variability in consumption in the short term due to the high flexibility that the company has to react to customer requests, makes it possible to suspect that there is a strong possibility of optimization of inventory levels.

In this project, and at the suggestion of the company's managers, an in-depth study was carried out for a supplier, whose reduction of inventory levels is of greater interest due to the high cost of raw materials, having been chosen the year 2016 for study.

The methodology followed was to calculate stock management indicators and to analyse in detail the parameters underlying the current procurement method, in order to confirm the company's suspicions of high inventory levels and, subsequently, to enable the identification of improvement measures. A detailed study of the forecasting methods and the safety stock calculation was carried out.

After identifying and presenting the improvement measures as well as their individualized impact, a simulation was carried out to replicate the procurement process in 2016 by applying alternative inventory management models (by aggregating the different improvement proposals). Based on this study, which gave a real picture of the impact of suggested improvements in the procurement process, the economic impact and the inventory levels were measured.

The conclusions obtained confirm that the replenishment system currently used by the company is in fact extremely sensitive to the strong variations in short-term consumption. And the ability of the current system to deal with this variability is limited. Consequently, inventory levels are indeed high. It was found that using a new supply system less exposed to the variability of consumption, namely by calculating the safety stock based on the standard deviation of consumption history rather than the use of forecasts, there is a reduction in the inventory levels of approximately 34%. In addition, with the new replenishment system, inventory levels show a steady behaviour and there is an increase in the order frequency with the quantities ordered to present a regular value (not subject to order peaks). In economic terms, the expected average reduction in inventory is € 13,720.37 and the expected annual saving of € 55,685.13 (a reduction of 11% compared to the current situation).

Agradecimentos

À Bosch Termotecnologia, pela oportunidade, financiamento proporcionado e pelas condições de trabalho oferecidas.

À Eng^a. Carolina Herdeiro Mesquita, pela confiança em mim depositada e pelo auxílio ao longo do desenvolvimento do projeto.

A todos os elementos do Departamento de Logística, principalmente aos colegas de trabalho da área do *procurement*, pela forma como me receberam e integraram, proporcionando um excelente ambiente de trabalho, sendo uma fonte de motivação durante o projeto.

Ao Professor Samuel Moniz, pela sua total disponibilidade e orientação prestada, que se revelaram fundamentais para o sucesso do projeto.

À Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, colegas e professores, pelos conhecimentos transmitidos ao longo do Mestrado Integrado, contribuindo desta forma para o meu desenvolvimento profissional e pessoal.

À minha Família e amigos, que sempre me apoiaram não só durante este projeto, mas em todo o meu percurso enquanto estudante.

Índice de Conteúdos

1	Introdução	1
1.1	Enquadramento do projeto e motivação	1
1.2	Grupo Bosch.....	1
1.2.1	Bosh Termotecnologia S.A.	2
1.2.2	Produtos.....	3
1.2.3	Departamento de Logística	3
1.3	Objetivos do projeto.....	4
1.4	Método seguido no projeto	4
1.5	Estrutura da dissertação.....	5
2	Revisão bibliográfica	6
2.1	Logística e Cadeia de Abastecimento	6
2.2	Gestão de <i>Stocks</i>	6
2.2.1	Modelos de gestão de inventário de múltiplo de período	7
2.3	Análise ABC/XYZ	9
2.4	<i>Stocks</i> Segurança	10
2.5	Métodos de Previsão	12
2.5.1	Amortecimento Exponencial Simples	13
2.5.2	Amortecimento Exponencial duplo	13
2.5.3	Amortecimento Exponencial de Holt.....	14
2.5.4	Amortecimento Exponencial de Holt-Winters	14
2.5.5	Análise de erros de previsão	15
3	Apresentação do Departamento de Logística e do Caso de Estudo	17
3.1	Apresentação do Departamento de Logística	17
3.1.1	Sistema de informação	17
3.1.2	Funcionamento do departamento de logística	18
3.2	Apresentação do Caso de Estudo.....	18
3.2.1	Apresentação de fornecedor.....	18
3.2.2	Apresentação das fórmulas Quantidade a Encomendar e Reorder Point	20
3.2.3	Desafios e Oportunidades de melhoria identificadas.....	22
4	Abordagem Metodológica Proposta	24
4.1	Análise situação atual.....	24
4.1.1	Avaliação da gestão de <i>stocks</i>	24
4.1.2	<i>Reorder point</i>	26
4.1.3	Previsões	27
4.2	Apresentação de propostas de melhoria.....	29
4.2.1	Métodos de previsão.....	29
4.2.2	Consumo médio diário	31
4.2.3	<i>Stock</i> de segurança	33
4.3	Avaliação de propostas de melhoria	34
4.3.1	Simulação – Descrição	34
4.3.2	Simulação – Resultados	36
4.4	Propostas de melhoria adicionais.....	42
5	Conclusões e perspectivas de trabalho futuro	44
	Referências	45
	ANEXO A: Variabilidade nos consumos a curto-prazo	47
	ANEXO B: Consumo médio diário (Δ) por referência	50
	ANEXO C: Resultados Simulação	53

Siglas

ADC – Consumo médio diário;
ASN – *Advance Ship Notice*;
AvP – Boch Termotecnologia S.A.;
CV – Coeficiente de Variação;
EDI – *Electronic Data Transmission*;
ERP – *Enterprise Resource Planning*;
FS – Fator de Segurança;
GWT – Esquentadores;
GZT – Caldeiras;
I – Inventário;
LOG – Departamento de Logística;
LT – Lead time;
MOQ- Encomenda mínima (*Minimum order quantity*);
NS – Nível de Serviço;
OI – Intervalo de encomenda;
RE - Cobertura durante o reabastecimento;
ROP – *Reorder Point*;
SS – *Stock* Segurança;

Índice de Figuras

Figura 1 - Evolução da Fábrica de Aveiro	2
Figura 2 - Organização Departamento de Logística.	3
Figura 3 - Cronograma do projeto desenvolvido.	5
Figura 4 - Modelo de período fixo (modelo P).	8
Figura 5 - Conceito de nível de serviço para gestão de inventário (NS = 95%). (King 2011). ..	11
Figura 6 - Exemplo vista SAP. (SAP)	17
Figura 7 - Cronograma do processo de aprovisionamento para o fornecedor em estudo.	19
Figura 8 - Cálculo da quantidade a encomendar (ROP) ao fornecedor.	20
Figura 9 - Etapas que o material sofre desde o momento da encomenda até estar pronto para a produção.	21
Figura 10 - Evolução da qualidade das previsões com o aumento do horizonte temporal. (Scholz-Reiter et al. 2012)	22
Figura 11- Variabilidade nos consumos de matérias-primas entre semanas consecutivas (referência 8-707-206-434).	29
Figura 12 - Consumos registados para a referência 8-707-206-434 para os anos 2014 e 2015.	30
Figura 13 - Evolução do ΔADC para um horizonte de 4 e 3 semanas para a referência 8-707-206-435.	32
Figura 14 - Simulação do processo de aprovisionamento para o ano de 2016.	36
Figura 16 - Evolução quantidade a encomendar para a referência 7-707-206-434, recorrendo às propostas de melhoria.	39
Figura 15 -Evolução semanal do nível de inventário para a referência 7-707-206-434, recorrendo às propostas de melhoria.	39
Figura 17 - Percentagem do <i>stock</i> de segurança utilizado para fazer face à variabilidade dos consumos - Referência 8-707-206-434.	41
Figura 18 - Impacto económico médio obtido através das propostas de melhoria sugeridas. ...	41
Figura 19 - Fluxo de documentos EDI (ASN) em suporte ao processo de envio de encomenda. (GXS 2013).	43

Índice de Tabelas

Tabela 1 - Critérios de classificação ABC.....	9
Tabela 2 - Matriz ABC/XYZ.....	10
Tabela 3 - Critério de classificação XYZ.....	10
Tabela 4 - Correspondência entre nível de serviço e fator de segurança.....	11
Tabela 5 - Materiais/Referência em estudo e respetiva classificação ABC.....	19
Tabela 6 - Número de dias de <i>stock</i> de segurança atualmente considerado para cada material.	22
Tabela 7 - Classificação XYZ e valores de <i>stock</i> e consumos médios anuais.....	24
Tabela 8 - Taxa de rotação por material em estudo.....	25
Tabela 9 - Taxa de cobertura por material em estudo.....	25
Tabela 10 - Comparação entre o ADC previsto e o ADC real por referência (horizonte 4 semanas).....	27
Tabela 11 - Erro percentual médio absoluto (EPAM) para as referências em estudo.....	28
Tabela 12 - Erro percentual médio (EPM) para as referências em estudo.....	28
Tabela 13 – Precisão de métodos de previsão para <i>steps</i> 1 a 4 (EPAM).....	31
Tabela 14 - Precisão de métodos de previsão para <i>steps</i> 2 a 4 (EPAM).....	31
Tabela 15 - Comparação entre o ADC previsto e o ADC real por referência (horizonte 3 semanas).....	32
Tabela 16 – Número médio de unidades de <i>stock</i> de segurança a considerar, recorrendo às fórmulas de cálculo de <i>stock</i> de segurança.....	34
Tabela 17 - <i>Stock</i> médio e número de encomendas efetuadas, recorrendo à formula atual e fórmulas de cálculo de <i>stock</i> de segurança (FS de 95% e 98%).....	37
Tabela 18 - Taxa de cobertura obtidas através da simulação, para as as propostas de melhoria sugeridas.....	38
Tabela 19 - Número de semanas em que o <i>stock</i> de segurança é necessário par fazer face às variações do consumo.....	40
Tabela 20 - Valores obtidos para cada referência através da diferentes combinações de propostas de melhoria, obtidos através da simulação – RE = 4 semanas.....	53
Tabela 21 - Valores obtidos para cada referência através da diferentes combinações de propostas de melhoria, obtidos através da simulação – RE = 3 semanas.....	54

1 Introdução

Neste capítulo, tem como objetivo apresentar a motivação da empresa para propor o projeto, assim como realizar uma breve descrição da empresa e, por fim, expor os objetivos e a metodologia seguida na execução do projeto.

1.1 Enquadramento do projeto e motivação

Este projeto é o resultado da unidade curricular Dissertação, que se insere no 2º semestre do 5º ano do Mestrado Integrado em Engenharia Industrial e Gestão, da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto. O projeto realizou-se na empresa Bosch Termotecnologia S.A., integrado no Departamento de Logística.

O trabalho desenvolvido surgiu com o intuito de averiguar a possibilidade de efetuar melhorias ao processo atual de gestão de *stocks*. De acordo com dados internos da empresa, apesar de os níveis de *stock* atuais já serem resultados de propostas de melhoria, os elevados erros de previsão detetados levantaram a suspeita de possibilidade de reduzir os níveis de *stocks* de matérias-primas, revelando a existência de potencial de melhoria.

Em resumo, a empresa procura reduzir dos níveis de *stock*, sem comprometer as necessidades da produção - melhor gestão de *stocks*.

1.2 Grupo Bosch

Em 1966, na cidade de Estugarda (Alemanha), Robert Bosch funda a “Oficina de mecânica de precisão”, marcando o início do grupo Robert Bosch GmbH. Com o passar do tempo, a empresa adquiriu presença em diversos setores, focando atualmente a sua atividade nos seguintes quatro sectores: soluções de mobilidade, tecnologia industrial, bens de consumo, e tecnologia de energia e edifícios

No setor tecnologia de energia e edifícios, o grupo Bosch é líder na produção de tecnologia térmica, solar e sistemas de segurança, sendo importante referir que a Bosch é, por exemplo, o maior produtor de bombas de calor a nível mundial. Relativamente ao setor soluções de mobilidade, o grupo é líder mundial no fornecimento de tecnologia de ponta, sendo este o setor que apresenta maior percentagem de vendas. O setor da tecnologia industrial caracteriza-se pela produção de caixas de velocidade, tecnologia de movimentação e controlo, embalagens e tecnologias de processo. Por último, no setor dos bens de consumo, a Bosch é o fabricante mundial de ferramentas profissionais e líder no campo dos eletrodomésticos.

A Bosch detém 450 subsidiárias distribuídas por 60 países, representação que se estende a 120 países se forem contabilizados os parceiros de vendas e prestação de serviços do Grupo Bosch, contabilizando um total de aproximadamente 390.000 colaboradores (2016).

Em Portugal, o grupo Bosch tem representação desde 1911, possuindo atualmente três fábricas em Continente Nacional. A Bosh Termotecnologia, S.A., em Aveiro, a Bosch Car Multimedia Portugal, S.A, em Braga, e a Bosch Security Systems – Sistemas de Segurança, S.A., em Ovar, que desenvolvem e fabricam uma larga gama de produtos, nomeadamente soluções de água

quente, multimédia automóvel e sistemas de comunicação e segurança, respetivamente. Exportando 90% da produção (0,4% do PIB nacional) e empregando aproximadamente 3.800 colaboradores (dados de 2014), o grupo Bosch é considerado um grupo de referência ao nível industrial em Portugal.

1.2.1 Bosh Termotecnologia S.A.

O projeto aqui apresentado desenvolveu-se na fábrica de Cacia, Bosch Termotecnologia S.A., nomeadamente, no Departamento de Logística (LOG). Esta unidade fabril do grupo Bosch é conhecida como Vulcano, visto ter sido esse o nome que marcou o início da empresa.

A Vulcano Termodomésticos iniciou a sua atividade no ano 1977 com capital nacional, sendo que utilizava a tecnologia Bosch para a produção de esquentadores, fruto de um contrato de licenciamento. No ano de 1985, empresa alcançou a liderança do mercado nacional o que levou a que o grupo Bosch adquira-se a maioria do capital da empresa, iniciando-se um processo de especialização dentro do grupo.

Ao longo dos anos, a importância da fábrica de Aveiro para o grupo Bosch foi aumentando. Prova de esse escalar de relevância foi a criação de um Centro de Investigação e Desenvolvimento, que permitiu o desenvolvimento de novas tecnologias, traduzindo-se na produção e desenvolvimento de caldeiras e de várias gamas de esquentadores. A nomeação da Vulcano como centro de competência da Bosch, em 2002, provocou também que a Vulcano ficasse como responsável pela conceção e desenvolvimento, com responsabilidade mundial no grupo Bosch, de novos aparelhos bem como da sua fabricação e comercialização.

Em 2008, a fábrica Vulcano passou a designar-se Bosch Termotecnologia S.A. (AvP), estabelecendo uma identificação clara com o grupo. Atualmente, a fábrica de Aveiro é responsável pela gestão da unidade de solução de água quente e pela coordenação da atividade mundial para esquentadores e bombas de calor, com o centro de competência (instalado em Aveiro) e a fábrica do México (Fig. 1).



Figura 1 - Evolução da Fábrica de Aveiro.

1.2.2 Produtos

O desenvolvimento da fábrica de Aveiro (AvP) não se remete apenas à produção de esquentadores. Desde a criação do Centro de Desenvolvimento e Investigação em 1993, a gama de produtos fabricados em Aveiro aumentou. Atualmente, a empresa desenvolve e produz esquentadores e caldeiras, de diversas marcas do grupo Bosch.

Os esquentadores (GWT), aparelho que permite o fornecimento de água quente instantaneamente, para consumo doméstico e/ou industrial, continua a ser o produto principal da fábrica de Aveiro. Os esquentadores atualmente produzidos podem ser elétricos ou a gás, de várias capacidades, marcas (Vulcano, Junker e Bosch) e com novas funcionalidades (conectividade).

As caldeiras (GZT), além de permitirem o fornecimento de água quente instantaneamente, tem como objetivo fornecer água por acumulação, servindo como sistema de aquecimento central, sendo produzidas caldeiras de várias potências.

Para além dos produtos anteriormente referidos, a empresa comercializa outro tipo de produtos, que se podem ser classificados como respostas da organização ao mercado.

- Peças de substituição - peças constituintes dos modelos em produção ou já produzidos, que a empresa possui para situações de reclamações e/ou reparações;
- CKD's - peças constituintes de um dado modelo que são produzidas e preparadas para posterior montagem;
- Hawa - peças que a empresa apenas efetua a revenda, não sofrendo qualquer tipo de transformação;

1.2.3 Departamento de Logística

O projeto apresentado desenvolveu-se no Departamento de Logística (LOG) que é responsável pelo: planeamento do fluxo de materiais, armazenamento eficiente de matérias-primas, materiais semiacabados e produtos finais, bem como do fluxo de informação a eles relativo, visando as exigências dos clientes. A organização do Departamento de Logística, e as principais funções de cada área deste departamento, é apresentado na fig. 2.

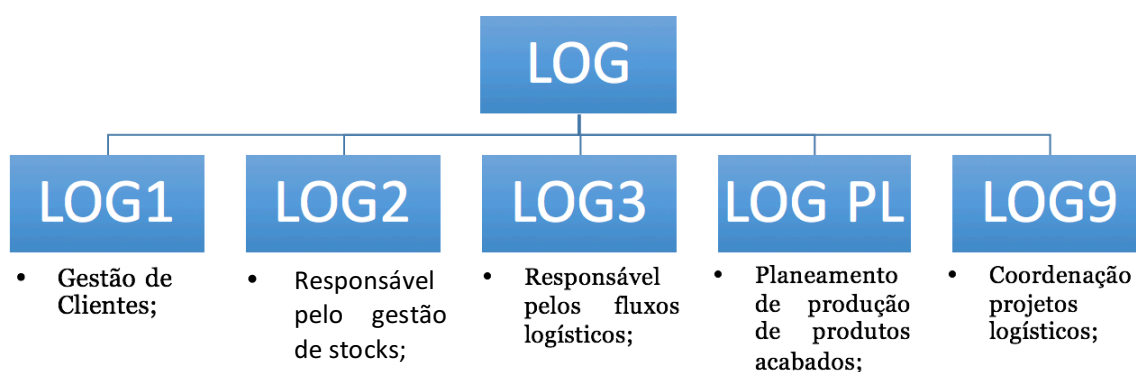


Figura 2 - Organização Departamento de Logística.

O projeto aqui apresentado, foi desenvolvido no LOG2. Esta área do departamento de Logística, tem como função principal garantir o aprovisionamento de matérias-primas, otimizando os níveis de *stock* das mesmas. De forma mais detalhada, as funções do LOG2 são:

- Realizar encomendas aos fornecedores, tendo em conta as necessidades de produção e níveis de *stock* - contacto direto com os fornecedores;

- Gestão de entregas dos materiais – acompanhamento de entrega de encomendas;
- Análise de *stocks*.

1.3 Objetivos do projeto

O projeto desenvolvido teve como objetivo analisar os níveis de *stock* de matérias-primas para um fornecedor específico da empresa, de forma a efetuar sugestões de melhoria no que diz respeito ao seu aprovisionamento.

De forma mais detalhada, pretendeu-se analisar o impacto que os erros de previsão têm nos níveis de *stock*. Detalhes que afetam os níveis de *stock* como: a fórmula de cálculo do *reorder point* (ROP) que determina a colocação de encomendas, os níveis de *stock* de segurança, e a precisão do método de previsão atualmente utilizado pela empresa, foram objetos de um estudo aprofundado neste trabalho.

O objetivo final do trabalho consiste em fornecer à AvP um conjunto de propostas de melhoria, que visem diminuir os níveis de *stock*, sem comprometer as necessidades da produção.

1.4 Método seguido no projeto

A metodologia seguida neste projeto pode ser dividida em duas fases. Na primeira fase, procurou-se obter um conhecimento geral da empresa e um conhecimento mais aprofundado do funcionamento do Departamento de Logística. Para cumprir estes objetivos, há a salientar participação nas rotinas diárias do departamento, nomeadamente o planeamento de encomendas a fornecedores. Esta tarefa, que pressupõe a análise de *stocks* e o uso das previsões para colocação de encomendas, possibilitou ter um conhecimento detalhado do processo de aprovisionamento da empresa.

A segunda fase consistiu no estudo detalhado problema. Esta fase, foi subdividida em pequenas etapas consistiu, fundamentalmente, em analisar os valores disponíveis de 2016, para o fornecedor sugerido (consumos reais, previsões, e níveis de *stock*) e, depois de sugeridas medidas de melhoria, avaliar a qualidade das sugestões. A metodologia adotada foi a seguinte:

- **análise da situação atual** - análise níveis de inventário recorrendo a indicadores de gestão de *stocks*, análise da precisão do método de previsão atualmente utilizados pela empresa e da fórmula de *reorder point* utilizada pela empresa;
- **apresentação de propostas de melhoria** - aplicação de vários métodos de previsão para obtenção de previsões de consumos para 2016, cálculo do *stock* de segurança com base nas fórmulas sugeridas na literatura e de novos *reorder points* tendo em conta as propostas de melhoria sugeridas;
- **avaliação das melhorias propostas** - efetuar a comparação entre situação atual e situação proposta (com as melhorias) recorrendo a uma simulação (desenvolvida em excel) do aprovisionamento para o fornecedor em estudo, no ano de 2016;
- **propostas de melhoria adicionais** - apresentação de medidas de redução dos níveis de inventário, que foram desenvolvidas no decorrer do estágio curricular.

Na Fig. 3 é possível verificar o cronograma de execução do projeto.

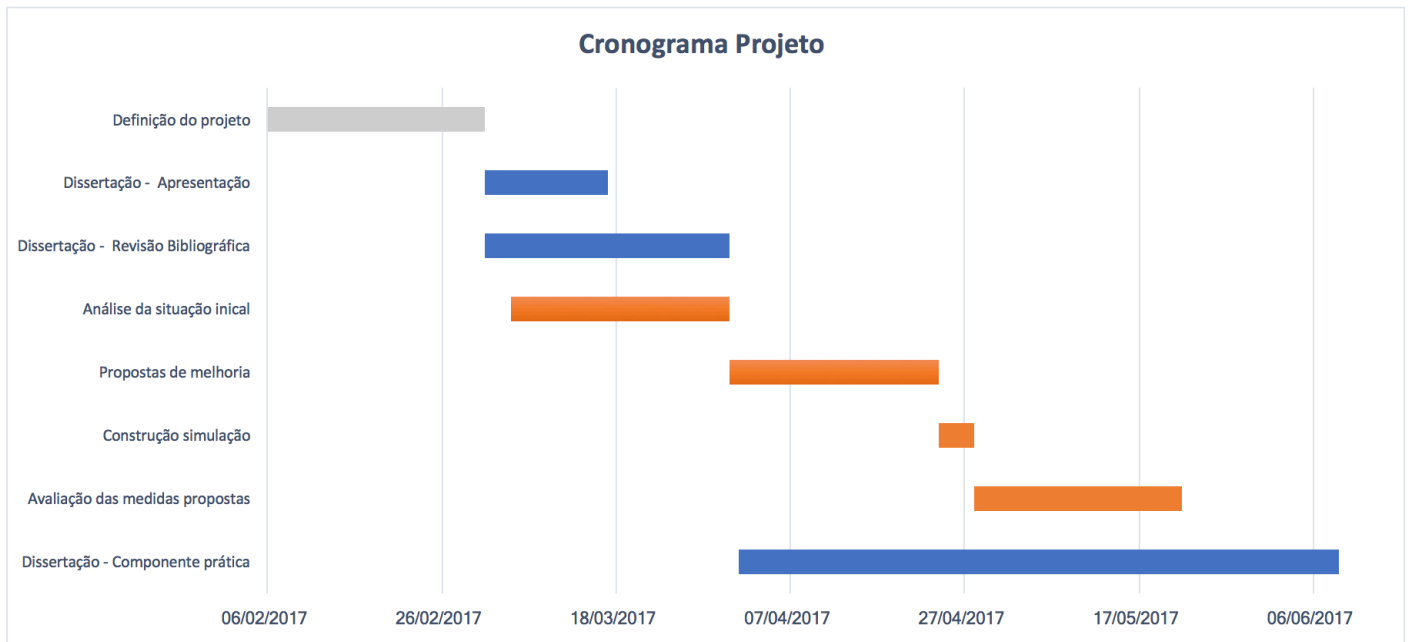


Figura 3 - Cronograma do projeto desenvolvido.

1.5 Estrutura da dissertação

A presente dissertação encontra-se dividida em 5 capítulos.

No primeiro capítulo é apresentada a empresa assim como o projeto desenvolvido. A definição da metodologia, é também aqui abordada de forma sucinta.

No segundo capítulo, os conceitos relevantes para a realização do projeto são identificados e explicados. Nesta procede-se à definição do estado da arte, basilar para o estudo aprofundado dos problemas posteriormente identificado.

No terceiro capítulo é apresentado de forma pormenorizada o funcionamento do departamento de logística, bem como é apresentado o caso de estudo proposto pela empresa e alvo de estudo, neste projeto. São também identificados potenciais aspetos de melhoria.

O quarto capítulo é referente à análise pormenorizada do caso de estudo. Numa primeira fase, procede-se à avaliação do estado inicial, através do cálculo de um conjunto de indicadores de gestão de *stocks*. Seguidamente, são apresentadas as propostas de melhoria e procede-se à avaliação das medidas sugeridas.

Por fim, o último capítulo destina-se à conclusão e perspetivas de trabalhos futuros.

2 Revisão bibliográfica

Neste capítulo será apresentada uma revisão bibliográfica sobre temáticas relevantes para o desenvolvimento do projeto, nomeadamente Logística e Cadeia de Abastecimento, gestão de *stocks*, análise ABC/XYZ e métodos de previsão.

2.1 Logística e Cadeia de Abastecimento

O conceito de Logística surgiu na segunda guerra mundial e esteve, até meados dos anos 50, associado a atividades militares, onde garantir que o material bélico, medicamentos, alimentos, e vestuário, eram entregues no momento e nas quantidades certas, era fundamental (Soares 2015).

Ainda de acordo com Soares (2015), com a subida dos custos logísticos devido à crise do petróleo e crise financeira internacional, nos anos 70, as organizações começaram a considerar a logística como um elemento fundamental na formulação da sua estratégia. A globalização dos mercados, o estilo de vida nos países industrializados, e o crescente desenvolvimento das tecnologias de informação e comunicação, fizeram aumentar a importância da logística.

De acordo com Zamcopé et al. (2010), Logística pode ser definida sucintamente como a área de uma organização que é responsável por agregar valor: de lugar (garantir que o produto é colocado no local desejado pelo consumidor), de tempo (no prazo de entrega estipulado), de qualidade (associado à operação logística) e de informação (rastreamento do pedido ao longo da cadeia de abastecimento).

Um sistema logístico pode ser definido em dois segmentos (Zamcopé et al. 2010):

- **Logística de entrada** – inicia-se no fornecedor, passando pela fabricação do produto, terminando na montagem do produto final. Assim, este segmento engloba todas as atividades necessárias ao fornecimento das matérias-primas necessárias para a fabricação do produto final (produção);
- **Logística de saída** – inicia-se no produto acabado, passando pelo armazenamento do mesmo e terminando com a entrega no cliente. Este segmento, também denominado de distribuição física, engloba todas as atividades que vão desde a produção do produto final estar terminada até este chegar ao cliente.

Em suma, a Logística inclui a gestão de transportes, manuseio de materiais, além de atendimento de pedidos dos clientes, gestão de *stocks* e procura. Consequentemente, e tendo em conta os custos associados às atividades logísticas, esta é vista pelas organizações como um “elemento diferenciador” e, como tal, um meio para obter vantagem competitiva (processos logísticos eficientes).

No entanto, é comum confundir-se Logística com gestão da cadeia de abastecimento (Soares 2015). A gestão da cadeia de abastecimentos é um conceito mais amplo. A cadeia de abastecimentos (*supply chain*), engloba todas as atividades ligadas, direta ou indiretamente, ao atendimento de um pedido do cliente. Desta forma, para além das atividades logísticas, a cadeia de abastecimento engloba atividade como o desenvolvimento de novos produtos, o marketing e o serviço de atendimento ao cliente

2.2 Gestão de Stocks

Inventário é o *stock* de qualquer material que uma organização usa nas suas atividades diárias e que ocorre devido a:

- **absorção da variação da procura** – a procura não é exata/conhecida perfeitamente e por isso, para precaver perante oscilações da procura, as organizações recorrem ao

- inventário de forma a criar um *stock* (de segurança) que permita responder às variações do mercado/produção;
- **fornecer uma salvaguarda para variações no tempo de entrega dos fornecedores** – as entregas das matérias-primas pelos fornecedores podem sofrer atrasos devido a um conjunto de motivos (encomendas perdidas, problemas de produção do fornecedor, problemas de qualidade);
 - **obter vantagem de tamanho da encomenda** – os custos de encomenda diminuem com o aumento da quantidade da encomenda (menor custo unitário). A oferta de descontos de quantidade pelos fornecedores é um exemplo de uma das causas que leva à criação de *stocks*;
 - **evitar as paragens de produção** – a existência de inventário tem como grande vantagem o abastecimento da produção, diminuindo o risco de paragem/interrupção da(s) linha(s) de produção (por falta de matéria-prima);

Em contraponto às vantagens da existência de *stock*, existe um conjunto de custos associados a estes que afetam os níveis de inventário. Os custos de armazenamento (depreciação, impostos, seguros, e custos de oportunidade) e os custos de encomenda (preparação uma ordem de compra), são exemplos de desvantagens que a existência de *stocks*/inventário acarreta (Jacobs e Chase 2013). A gestão de *stocks* é, portanto um capítulo em que é necessário realizar um conjunto de compromissos, de forma a estabelecer níveis de inventário corretos.

Na gestão de *stocks* há duas decisões fundamentalmente a tomar:

- O tamanho da quantidade de encomenda a realizar;
- O momento em que a encomenda deve ser realizada.

Existem diversos modelos de gestão de inventários que definem um conjunto de diretrizes para controlo e manutenção dos materiais em *stock*. Os modelos de período único são utilizados quando só há uma decisão de compra, que é feita para cobrir um período fixo de tempo. Os modelos de múltiplo período que são utilizados para decisões que envolvem a compra periódica do(s) material(ais) e o inventário é utilizado para responder à procura. Neste projeto, é de interesse os modelos de múltiplo período (Ziukov 2015).

2.2.1 Modelos de gestão de inventário de múltiplo de período

Os modelos de gestão de inventário de múltiplo período estão definidos com o objetivo de assegurar que o(s) material(ais) estará disponível continuamente durante o ano. Consequentemente, o material pode ser encomendado com frequência múltipla durante o ano, sendo que o sistema de gestão de inventário define a quantidade e o momento da encomenda.

De acordo com Jacobs e Chase (2013) há dois tipos de sistemas de inventário múltiplo período: modelo de quantidade de encomenda fixa (modelo Q) e modelo de período fixo (modelo P). No modelo de quantidade de encomenda fixa, uma encomenda é realizada sempre que o nível de inventário atinge um determinado nível pré-definido, exigindo desta forma que os níveis de *stock* sejam continuamente revistos. Em oposto, no modelo de período fixo as encomendas são colocadas no fim de um dado período de tempo definido e constante, sendo que a quantidade a encomendar varia consoante o nível de inventário no momento da revisão e o consumo esperado.

O modelo de quantidade de encomenda fixa tem como vantagem permitir níveis médios de inventário mais baixos, razão pela qual devem ser utilizados para materiais mais importantes. Estes modelos ao exigir um controlo contínuo de inventário, permite detetar e responder com maior rapidez a possíveis situações de rutura de *stock* (*stockout*). As desvantagens associadas a este modelo prendem-se com a dificuldade de utilização quando surgem importantes e frequentes variações de consumo e a dificuldade de agrupar vários artigos numa mesma

encomenda (Reis 2005). O modelo de período fixo, devido há necessidade de proteção contra *stockouts* durante o período de revisão, implica níveis de inventário maiores (Jacobs e Chase 2013).

Neste projeto será detalhado o modelo de gestão de inventário de período fixo pois é aquele que a empresa utiliza atualmente. A existência de um elevado número de referências, de várias referências para o mesmo fornecedor (o que permite minimizar custos de encomenda e de transporte) e dos acordos estabelecidos com os fornecedores (que definem as frequências de colocação e entrega de encomenda), inviabilizam a possibilidade de implementação do modelo de quantidade de encomenda fixa.

• Modelo de período fixo (modelo P)

Neste modelo, a quantidade a encomendar no momento em que o período de revisão ocorre, depende da quantidade a consumir (Fig. 4). Atendendo que o nível de inventário apenas é analisado no momento de revisão, o que implica que não é possível colocar outra encomenda até o momento em que o próximo período de revisão acontece, este modelo requer níveis de *stock* de segurança elevados. (Reis 2005)

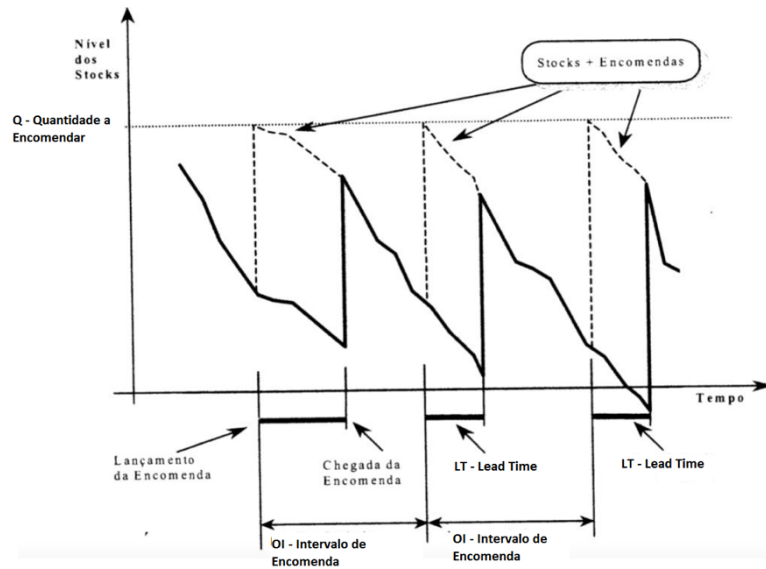


Figura 4 - Modelo de período fixo (modelo P).

Neste modelo, a quantidade a encomendar (Q) terá que ter em conta: o consumo esperado (μ_D) durante o intervalo de colocação da encomenda (OI), o consumo esperado durante o *lead time* (LT), o *stock* de segurança e o nível de inventário atual (I). (Jacobs e Chase 2013) A fórmula (2.1) define a quantidade a encomendar, no momento da revisão.

$$Q = \mu_D \times OI + \mu_D \times LT + z \times \sigma_{D(OI+LT)} - I. \quad (2.1)$$

$$\sigma_{D(OI+LT)} = \sqrt{(OI + LT) \times \sigma_{D(OI+LT)} + \bar{D} \times \sigma_{LT}}. \quad (2.2)$$

Onde:

$\sigma_{D(OI+LT)}$ – Desvio padrão do consumo durante intervalo que ocorre desde que uma encomenda é colocada até ao momento em que é rececionada;

2.3 Análise ABC/XYZ

A existência de um elevado número de artigos em termos de variedade e quantidade em armazém, aconselha a efetuar uma análise com o objetivo de identificar quais os artigos de maior importância. (Reis 2005) Através desta análise, as empresas poderão efetuar uma gestão ao nível logístico mais eficiente, ou seja, dedicar um maior foco de atenção aos artigos mais relevantes.

A classificação ABC divide os artigos em três categorias (A, B e C) atendendo a um ou vários critérios pré-definidos. O custo anual do consumo que permite detetar o impacto financeiro, o consumo anual, o custo médio unitário do artigo e/ou o *lead time*, são exemplos de critérios para classificação ABC (Flores, Olson, e Dorais). Esta análise baseia-se na lei de Pareto, o que significa que 20% dos artigos em armazém corresponde aproximadamente 80% do valor investido em *stocks*.

Segundo Reis (2005) consoante a categoria em que o artigo em *stock* está inserido, a estratégia de vigilância deve ser a seguinte:

- Classe **A** – Número de artigos baixo, mas de elevado valor. É necessário maior atenção e vigilância;
- Classe **B** – Artigos que requerem menor vigilância, mas a possibilidade de existirem artigos que podem, devido a variações no seu valor financeiro, serem considerados artigos de classe A, requer especial atenção;
- Classe **C** – Vigilância baixa devido ao baixo valor dos artigos pertencentes a esta classe.

A metodologia consiste em analisar cada artigo segundo o critério definido, ordenar por ordem decrescente de contribuição marginal para o critério e, por fim, agrupar os artigos pelas categorias. Neste projeto os artigos em estudo já se encontram classificados segundo a metodologia ABC, uma vez que a empresa já recorre a este sistema de priorização dos *stocks* com atualização anual, sendo o critério de classificação o consumo anual. Na Tabela 1 está definido o critério pelo qual os artigos são classificados segundo as diferentes categorias.

Tabela 1 - Critérios de classificação ABC.

Categoria	Consumo percentual	Artigos percentual	Critério
A	80%	5%	Consumo anual do consumo (consumo anual × custo unitário)
B	15%	15%	
C	5%	80%	

A análise ABC pode ser complementada com a classificação XYZ. Fazer a distinção entre artigos pertencentes à mesma categoria quanto às flutuações de consumo permite, em primeiro lugar, aferir se um dado artigo é muito ou pouco consumido e, em segundo lugar, se o seu consumo é estável ou não (matriz ABC/XYZ – Tab. 2).

Tabela 2 - Matriz ABC/XYZ.

	X	Y	Z
A	AX	AY	AZ
B	BX	BY	BZ
C	CX	CY	CZ

Segundo Scholz-Reiter et al. (2012), a medida estatística que permite classificar em XYZ os artigos é o coeficiente de variação (CV) que é definido pelo quociente entre desvio padrão dos consumos (σ) e a média dos consumos (\bar{X}). O cálculo do CV é dado pela equação (2.3).

$$CV = \frac{\sigma}{\bar{X}} \quad (2.3)$$

Na Tabela 3, encontra-se definido o critério de classificação XYZ de acordo com o valor de CV calculado, assim como a sua interpretação. (Scholz-Reiter et al. 2012)

Tabela 3 - Critério de classificação XYZ.

Categoria	CV	Características Consumo
X	$CV < 0.5$	Flutuações raras, consumos contantes
Y	$0.5 \leq CV \leq 1$	Fortes flutuações no consumo, devido a tendência ou razões sazonais
Z	$CV > 1$	Consumo extremamente irregular

De acordo com Scholz-Reiter et al. (2012), a conjugação das duas classificações tem como principal vantagem a integração de materiais com características similares, o que permite processá-los com os mesmos parâmetros de planeamento.

2.4 Stocks Segurança

O *stock* de segurança (SS) ou *stock* de proteção é definido como o *stock* adicional que tem como objetivo proteger a empresa de *stockouts*, que podem surgir por consumos acima dos esperados e/ou porque os prazos de entrega de encomendas excederam os que tinham sido previamente acordados com o fornecedor. (Reis 2005)

Pode-se ainda definir que o *stock* de segurança tem como objetivo satisfazer as necessidades de produção, tendo em conta a volatilidade de determinados parâmetros como as flutuações na procura, imprecisão das previsões e variabilidade do *lead time* (LT). (Ruiz-Torres 2010)

Das definições anteriormente apresentadas, ressalta o conceito de nível de serviço (NS). Este é definido como a percentagem de encomendas satisfeitas, ou seja, entregues ao cliente do prazo estabelecido. (Lutz, Löedding, e Wiendahl 2003) Por exemplo, para um nível de serviço de 95%, estima-se que em 50 % dos ciclos o *stock* de segurança não seja necessário, em 45% dos ciclos será suficiente, e que em 5% dos ciclos é esperado uma rutura de *stock* (Figura 5).

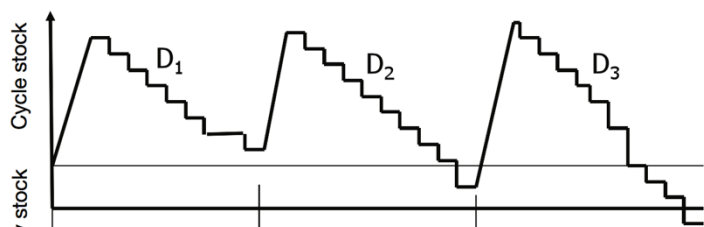


Figura 5 - Conceito de nível de serviço para gestão de inventário (NS = 95%). (King 2011)

Assim, níveis de serviço elevados resultarão em poucos *stockouts*, mas em elevados *stocks* de segurança e, consequentemente, maiores custos de inventário. Desta forma, é necessário atender ao compromisso entre nível de serviço e custos de armazenamento.

Definido o nível de serviço, através do inverso da distribuição normal para o NS é possível determinar o fator de segurança (FS). Analisando-se Tabela 4 conclui-se que um aumento do NS aumenta o FS de uma forma drástica, aumentando significativamente os níveis de *stock* de segurança

Tabela 4 - Correspondência entre nível de serviço e fator de segurança.

Nível Serviço (NS)	Fator de Segurança (FS)
84%	1
85%	1,04
90%	1,28
95%	1,64
97%	1,88
98%	2,05
99%	2,33
99,99%	3,72

A otimização dos níveis de SS é um tema de elevada relevância para as organizações, tendo já sido realizados diversos estudos com o objetivo de desenvolver de modelos matemáticos para definição do SS considerando diferentes parâmetros. Algumas destas fórmulas de cálculo, foram objetos de estudo por parte de King (2011) e serão apresentadas seguidamente.

O primeiro método apresentado apenas tem em conta a variabilidade da procura e consiste na multiplicação do desvio padrão da procura (σ_d) pelo fator de segurança (FS).

$$SS = FS \times \sigma_d \times \sqrt{LT}. \quad (2.4)$$

Schmidt, Hartmann, e Nyhuis (2012) propõe alterações à fórmula 2.4, passando a ser considerado o desvio dos erros de previsão (σ_f) em detrimento do desvio padrão da procura.

$$SS = FS \times \sigma_f \times \sqrt{LT}. \quad (2.5)$$

O segundo método apresentado tem apenas em conta a variabilidade do *lead time* e consiste na multiplicação do desvio padrão do LD (σ_{LT}) pelo fator de segurança (FS) e pela procura média (D_{avg}).

$$SS = FS \times \sigma_{LT} \times D_{avg}. \quad (2.6)$$

O terceiro método, e mais completo, tem em conta a variabilidade do LT e da procura, assumindo que estes dois fatores são independentes e normalmente distribuídos.

$$SS = FS \times \sqrt{LT \times \sigma_d^2 + D_{avg}^2 \times \sigma_{LT}^2}. \quad (2.7)$$

Relativamente à formula anterior, Zinn e Marmorstein (1990) sugerem a substituição do desvio padrão da procura por o desvio padrão do erro de previsão. Segundo estes autores, essa substituição deve ser realizada uma vez que levará a que sejam considerados *stocks* de segurança mais reduzidos. A justificação apresentada é que a utilização dos métodos de previsão leva a que certas variações não explicáveis, aos serem identificadas pelos métodos de previsão, originará menor níveis de *stock* de segurança.

$$SS = FS \times \sqrt{LT \times \sigma_f^2 + D_{avg}^2 \times \sigma_{LT}^2}. \quad (2.8)$$

2.5 Métodos de Previsão

Os métodos de previsão representam um conjunto de técnicas que são utilizadas, de forma mais ou menos formal, no processo de planeamento, tomada de decisão e controlo de qualquer organização. A incapacidade para ter um conhecimento exato do futuro, leva as empresas a recorrer a previsões para diminuir o nível de incerteza. (Caido 2011) Nos métodos de previsão há a destacar, fundamentalmente, dois grupos: métodos qualitativos e quantitativos.

Os métodos qualitativos são utilizados quando a disponibilidade de dados históricos e o nível de informação é diminuto. Neste caso, segundo Caido (2011) as empresas acabam por tomar decisões baseadas em análises subjetivas, recorrendo por exemplo a opiniões de pessoas com experiência e conhecimento em gestão empresarial.

Os métodos quantitativos consistem na análise de dados históricos, com o objetivo de identificar padrões e extrapolá-los para o futuro. Este tipo de análise parte do pressuposto que o futuro se irá comportar de forma semelhante ao passado. Porém, como nem sempre isso acontece na realidade, é necessário reter que as previsões têm um erro associado e que, como tal, estas são incertas, imprecisas e inevitáveis. (Sipper e Bulfin 1997) Adicionalmente, e segundo Pyke, Silver, e Peterson (1998), quanto maior for o horizonte temporal que se pretende prever para o futuro, maior será o erro.

Neste projeto, foram utilizados métodos quantitativos aplicados a séries temporais. Estes métodos, desdobram-se em vários modelos e assumem que os dados históricos podem ser explicados como uma combinação entre um formato padrão e o erro aleatório. (Caido 2011)

O formato padrão pode ser dividido em três componentes: tendência, movimentos oscilatórios e sazonalidade. A tendência caracteriza o andamento mais notório da série durante um longo período de tempo. Os movimentos oscilatórios estão associados a fases de expansão e recessão de sistemas económicos. A sazonalidade refere-se a oscilações periódicas regulares num dado período de tempo (Caido 2011). O erro permite aferir o quão bem o modelo reproduz os dados históricos e é obtido através da diferença entre os valores da série e os efeitos do formato padrão anteriormente identificados. (Makridakis, Hyndman, e Wheelwright 1998)

Os modelos de análise de séries temporais aplicados neste projeto foram o amortecimento exponencial simples, amortecimento exponencial duplo, amortecimento exponencial de Holt, e o amortecimento exponencial de Holt-Winters.

2.5.1 Amortecimento Exponencial Simples

O modelo de amortecimento exponencial simples é adequado para séries temporais com tendência estacionária e sem movimentos sazonais, uma vez que utiliza apenas o último valor observado e a previsão para esse instante. Neste modelo, para calcular a previsão para um dado instante t , é necessário obter a previsão e o valor real para o instante mais recente ($t-1$), e o valor da taxa de amortecimento ou alisamento (α). (DeLurgio 1998) O valor da taxa de amortecimento ótimo é aquele que minimiza o erro quadrático médio (EQM).

$$P_{t+1} = P_t + \alpha \times (Y_t - P_t).$$

Inicialização:

$$P_{0+1} = P_1.$$

Onde:

P_{t+1} – Previsão para o período $t + 1$
 P_t – Previsão para o período t
 α - Taxa de amortecimento ($0 \leq \alpha \leq 1$)
 Y_t – Valor real para o período t ;

2.5.2 Amortecimento Exponencial duplo

O modelo de amortecimento exponencial duplo é adequado para séries temporais que apresentem tendência linear. Este método utiliza a constante de alisamento α por duas vezes, o que significa que, este método consiste na aplicação do método de alisamento exponencial simples duas vezes. As particularidades da aplicação deste método prendem-se com a atribuição de pesos diferentes a valores históricos e o reconhecimento da presença de tendência na série de dados.

$$M_t = \alpha \times Y_t + (1 - \alpha) \times M_{t-1}.$$

$$D_t = \alpha \times M_t + (1 - \alpha) \times D_{t-1}.$$

$$a_t = 2 \times M_t - D_t.$$

$$b_t = (M_t - D_t) \times \left[\frac{\alpha}{(1 - \alpha)} \right].$$

$$P_{t+h} = a_t + b_t \times h.$$

Inicialização:

$$M_1 = Y_1.$$

$$D_1 = Y_1.$$

Onde:

- M_t – Alisamento exponencial simples no instante t
- D_t – Alisamento exponencial duplo no instante t
- a_t – Estimativa nível da série
- b_t – Estimativa declive da série
- α - Taxa de amortecimento ($0 \leq \alpha \leq 1$)

2.5.3 Amortecimento Exponencial de Holt

O modelo de Holt é adequado para séries com tendência linear e sem movimentos de carácter sazonal. O modelo estima o nível e o declive da tendência da série para calcular o valor da previsão para o instante pretendido e, como tal, possui duas constantes de alisamento α e β (Caido 2011). Estes dois parâmetros são obtidos através da minimização do EQM.

$$A_t = \alpha \times Y_t + (1 - \alpha) \times (A_{t-1} + b_{t-1}).$$

$$b_t = \beta \times (A_t - A_{t-1}) + (1 - \beta) \times b_{t-1}.$$

$$P_{t+h} = a_t + b_t \times h.$$

Inicialização:

$$a_1 = P_1.$$

$$b_1 = 0.$$

Onde:

- A_t – Equação atualização do nível da série
- b_t – Equação atualização do declive da série
- h – Número de períodos à frente para o qual se pretende obter a previsão
- α - Taxa de amortecimento para equação nível da série ($0 \leq \alpha \leq 1$)
- β – Taxa de amortecimento para equação declive da série ($0 \leq \beta \leq 1$)

2.5.4 Amortecimento Exponencial de Holt-Winters

O método de amortecimento exponencial de Holt-Winters é apropriado para séries que apresentem sazonalidade e tendência. Há dois modelos Holt-Winters que devem ser utilizados consoante o tipo de sazonalidade que a série apresente: aditiva e multiplicativa. A sazonalidade aditiva caracteriza-se por as variações sazonais serem de magnitude constante. A sazonalidade multiplicativa caracteriza-se por um aumento ou diminuição da amplitude da componente sazonal com a tendência da série. (Caido 2011) No entanto, em ambos os casos, é necessário determinar uma constante de amortecimento adicional (γ) referente à componente sazonal. Tal como nos modelos anteriormente referidos, as constantes de amortecimento são determinadas através da minimização do EQM.

Neste projeto e atendendo ao comportamento dos consumos, utilizou-se o modelo de amortecimento exponencial de Holt-Winters na sua versão aditiva. As fórmulas para essa versão do método são apresentadas seguidamente.

$$A_t = \alpha \times \frac{Y_t}{S_{t-s}} + (1 - \alpha) \times (A_{t-1} + b_{t-1}).$$

$$b_t = \beta \times (A_t - A_{t-1}) + (1 - \beta) \times b_{t-1}.$$

$$S_t = \gamma \times \frac{Y_t}{A_t} + (1 - \gamma) \times S_{t-s}.$$

$$P_{t+h} = (A_t + b_t \times h) \times S_{t+h-s}.$$

Inicialização:

$$A_s = \frac{\sum_{t=1}^s Y_t}{s}.$$

$$b_s = 0.$$

$$S_t = Z_t - A_s.$$

Onde:

S_t – Equação atualização do índice sazonal da série

s – Comprimento da sazonalidade

γ – Taxa de amortecimento para equação índice sazonal da série ($0 \leq \gamma \leq 1$).

2.5.5 Análise de erros de previsão

Quando se procede a uma comparação entre métodos de previsão ou quando apenas se pretende analisar a precisão do método de previsão em utilização, torna-se imperativo recorrer a medidas ou critérios dos erros de previsão. A utilização de um critério quantitativo permite uma conclusão rápida e objetiva da precisão do *forecast* realizado.

Uma das medidas de análise de erros de previsão é o erro quadrático médio (EQM), que traduz o valor médio dos desvios ao quadrado entre os valores observados (Y) e as previsões (P), em cada instante (t). Este indicador embora muito utilizado, é extremamente sensível a erros resultantes de previsões desastrosas uma vez que o erro associado à previsão, para cada instante, é elevado ao quadrado. (Caído 2011)

$$EQM = \frac{1}{m} \sum_{t=1}^m (Y_t - P_t)^2. \quad (2.9)$$

Em alternativa, e de forma a colmatar a lacuna do EQM, pode-se utilizar o critério do erro percentual médio (EPM), que traduz o valor percentual médio entre os desvios entre os valores observados e as previsões, em cada instante. Valores negativos do erro percentual médio, significa que o valor previsto para um dado instante foi superior ao que efetivamente se registou. Desta forma, este indicador permite identificar se o método de previsão está a inflacionar ou não o valor esperado.

$$EPM = \frac{1}{m} \sum_{t=1}^m \left(\frac{Y_t - P_t}{Y_t} \right) \times 100. \quad (2.10)$$

Segundo Gentry, Wiliamowski, e Weatherford (1995) o EPM não deve ser utilizado como método de comparação entre métodos de previsão. Para esse efeito, deve ser utilizado o erro percentual absoluto médio (EPAM), que traduz o valor percentual médio dos desvios entre os valores observados e as previsões (valor absoluto), em cada instante. Este critério permite traduzir a percentagem média do erro de previsão em relação à grandeza das observações. (Caído 2011)

$$EPAM = \frac{1}{m} \sum_{t=1}^m \left| \frac{Y_t - P_t}{Y_t} \right| \times 100. \quad (2.11)$$

3 Apresentação do Departamento de Logística e do Caso de Estudo

3.1 Apresentação do Departamento de Logística

Nos seguintes tópicos será apresentado detalhadamente o funcionamento do Departamento de Logística da AvP, com incidência no sistema de informação utilizado pela empresa e nas tarefas e responsabilidades de cada área do departamento.

3.1.1 Sistema de informação

O sistema de informação utilizado no Departamento de Logística e, em todo o grupo Bosch, é o SAP. O SAP é um sistema *enterprise resource planning* (ERP), que integra, num único *software*, o fluxo de informação de várias áreas negócio como a produção, a distribuição, a contabilidade e os recursos humanos. Estes sistemas apresentam como vantagem fundamental a eliminação de tarefas redundantes, resultando numa melhoria global das operações. (Jacobs, Chase, e Aquilano 2009)

Stock/Requirements List as of 12:24 hrs

Show Overview Tree

Material: 288138 CORR LAYER PAD GENERIC
Plant: 0010 MRP type: PD Material Type: ZVER Unit: EA

A...	Date	MRP ...	MRP element data	Reschedul...	E... Receipt/Reqmt	Available Qty	St...
	04.11.2014	Stock			96	695.560	
	04.11.2014	SafeSt	SAFETY STOCK		1,200-	504.440-	
	23.01.2014	ShpgNt	5500000018/00270		1,200	695.560	1200
Additional Data for MRP Element							
Purchasing Doc.	5500000018	270	19	Delivery	180013283	2.974	1004
Confirm. Cat.	IA			Delivery Date	23.01.2014	1.974	1004
Quantity	1,200		EA			0.974	1004
Vendor	900979			Rigid Containers Ltd		4.106	1004
Exception	10			Reschedule in		7.524	1004
	07			Finish date in the past		8.524	1004
						2.137	1004
						1.137	1004
						2.137	1004

Figura 6 - Exemplo vista SAP. (SAP)

No Departamento de Logística da AvP, as vantagens da utilização de um sistema ERP são claras e a sua utilização é fundamental, nomeadamente para a realização de tarefas diárias como:

- o registo de encomendas dos clientes;
- elaboração do planeamento de produção;
- a gestão de *stocks* (análise de inventário e colocação de encomendas);
- a receção e armazenamento dos materiais.

Para além das tarefas anteriormente referidas, o SAP permite exportar diversos tipos de dados (em diversos formatos, sendo que há a destacar o Excel), como previsões, histórico de consumos, e classificação de materiais, que possibilitam a realização de estudos mais detalhados, de forma a identificar e avaliar potenciais medidas de melhoria.

No trabalho desenvolvido no âmbito desta dissertação, o recurso ao SAP foi fundamental. Permitindo a exportação de um conjunto de dados que foram posteriormente alvo de análise e tratamento por forma a atingir os objetivos definidos.

3.1.2 Funcionamento do departamento de logística

O Departamento de Logística é formado por quatro áreas fundamentais: LOG1, LOG PL, LOG 2, e LOG3. É através da coordenação das áreas anteriormente referidas, que a empresa consegue obter um elevado nível de serviço externo (para com os seus clientes) e interno (disponibilidade de matéria-prima para a produção).

O LOG1, área responsável pelo contacto direto com os clientes, tem como função principal receber e priorizar as encomendas dos clientes, atendendo ao *lead time* de entrega e outros fatores que possam eventualmente surgir. As encomendas recebidas são posteriormente colocadas no SAP (tendo em conta a referência Pai).

Atendendo às encomendas, o LOG PL tem como função realizar o planeamento de produção. Este planeamento, que é realizado diariamente e é fixado para um período de 2 dias (*frozen*), é colocado em SAP que gerará, automaticamente, as necessidades de cada material/referência (referências filho).

Obtidas as necessidades reais para o *frozen* definido, o LOG 2 analisa o plano de produção, com o objetivo de detetar antecipadamente a existência de referências/materiais críticos, ou seja, materiais cujas existências em *stock* são insuficientes para satisfazer as necessidades da produção. No caso de existir referências/materiais críticos, o LOG 2 contacta o fornecedor com o objetivo de averiguar se há possibilidade de obter o material sem afetar o plano de produção. Em caso de impossibilidade, o LOG 2 contacta o LOG PL de forma a informar da indisponibilidade do material/referência em causa, solicitando uma alteração ao plano de produção. Por sua vez, o LOG PL informa o LOG 1 da necessidade de alteração do plano de produção e, conjuntamente, avaliam as alternativas atendendo às necessidades dos clientes.

Por fim, o LOG 3 tem responsabilidade na logística *inbound* e *outbound*, fechando desta forma o ciclo entre as diversas áreas do Departamento de Logística. Garantir que as matérias-primas necessárias para a produção são entregues no prazo acordado (acompanhamento dos transportes), que são corretamente rececionadas (armazém) e que o produto final é entregue ao cliente no prazo acordado, são exemplos de tarefas que o LOG 3 realiza. Estas tarefas exigem, naturalmente, um canal de comunicação eficiente com o LOG 2 (responsável pelo contacto com os fornecedores) e LOG 1 (contacto com os clientes).

3.2 Apresentação do Caso de Estudo

O trabalho proposto tem como objetivo analisar um dos fornecedores da empresa (indicado por esta), com o objetivo de diminuir os níveis médios de *stocks*. Nesta secção será apresentado o fornecedor em estudo, bem como a fórmula de cálculo utilizada pela empresa para determinar as quantidades a encomendar. As oportunidades de melhoria identificadas e que serão alvo de estudo aprofundado serão também aqui apresentadas.

3.2.1 Apresentação de fornecedor

Das várias empresas fornecedoras de matéria-prima da AvP, a Plásticos ABC foi o fornecedor escolhido para estudo no projeto aqui apresentado, devido ao valor económico elevado que as referências/materiais têm, e por tal a redução dos níveis de inventário é de maior interesse para a empresa. De todas as referências/materiais para o fornecedor em causa, serão alvo de estudo nove, que podem ser encontradas na tabela 5, associadas à correspondente classificação ABC atualmente utilizada pela empresa.

Tabela 5 - Materiais/Referência em estudo e respetiva classificação ABC.

Referência	ABC
8-707-206-420	C
8-707-206-421	C
8-707-206-422	B
8-707-206-423	B
8-707-206-431	A
8-707-206-434	A
8-707-206-435	B
8-707-206-489	C
8-718-603-04A	C

O tipo de planeamento para o fornecedor em análise é *pull*. A estratégia de aprovisionamento *pull* é definida quando as encomendas colocadas aos fornecedores são despoletadas após o consumo efetivo para produção. Neste tipo de planeamento, o consumo esperado durante o *lead time* e frequência de encomenda que se traduz na quantidade a encomendar (daqui a diante denominado *Reorder point*) é definido/calculado e, sempre que o nível de *stock* fica abaixo do *reorder point*, uma encomenda é colocada ao fornecedor. No caso do fornecedor em estudo, o *reorder point* é calculado e analisado semanalmente, e assim, o tipo de planeamento definido para o fornecedor Plásticos ABC é *pull* semanal. Na fig. 7 está esquematizado a cronologia associada ao aprovisionamento para o fornecedor em estudo.

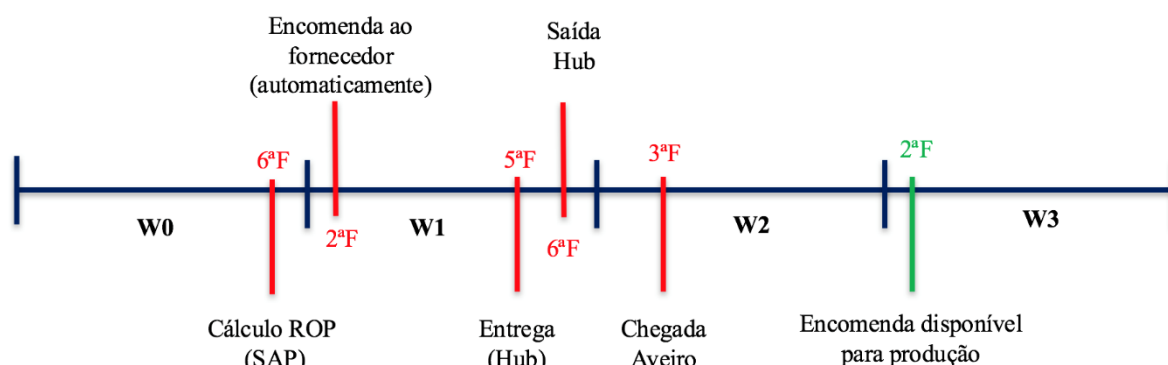


Figura 7 - Cronograma do processo de aprovisionamento para o fornecedor em estudo.

Conforme pode ser constatado, o *reorder point* (ROP) é calculado na sexta-feira da semana 0 (W0), e o valor calculado é utilizado para colocação de encomenda(s) na segunda-feira da semana 1 (W1). A partir desse momento, e assumindo a colocação de encomenda, o fornecedor entrega a matéria-prima na quinta-feira dessa semana na plataforma logística definida com a Bosch. A encomenda chega à fábrica de Aveiro na terça-feira da semana 2 (W2).

Após proceder-se á receção do material e efetuar-se o controlo de qualidade, o material está preparado para ser utilizado pela produção na semana 3 (W3). O *roadmap* apresentado é válido para todas as referências em estudo e, consequentemente, todos os materiais em estudo apresentam um *lead time* total de 10 dias úteis.

O fornecedor Plásticos ABC caracteriza-se por apresentar uma elevada disciplina relativamente aos prazos e quantidades encomendadas e, por essa razão, o desvio padrão do *lead time* é nulo.

3.2.2 Apresentação das fórmulas Quantidade a Encomendar e Reorder Point

Para os fornecedores cujo planeamento é *pull* semanal, a quantidade a encomendar é obtida pela fórmula de *reorder point* (ROP) utilizada pela empresa. Esta fórmula é atualizada na sexta-feira de cada semana, para cada referência individualmente, de forma automática utilizando uma transação em SAP. Atendendo a esse valor, na segunda-feira seguinte, o sistema SAP gera automaticamente as encomendas e envia-as, através de EDI, para os fornecedores. A quantidade a encomendar (Q_{Wx}) calculada no momento de colocação da encomenda, é calculada considerando a diferença entre o ROP, a quantidade em *stock* e as encomendas em aberto, no momento de geração da encomenda.

$$Q_{Wx} = ROP_{Wx} - Stock_{W(x-1)} - Encomendas\ em\ aberto. \quad (3.1)$$

Se:

$$Q_{Wx} < 0 \rightarrow Q_{Wx} = 0.$$

$$Q_{Wx} > 0 \wedge Q_{Wx} < MOQ \rightarrow Q_{Wx} = MOQ.$$

$$Q_{Wx} > 0 \wedge Q_{Wx} > MOQ \rightarrow Q_{Wx} = Q_{Wx}.$$

Onde:

Q_{Wx} – Quantidade a encomendar na semana X

ROP_{Wx} – Reorder point calculado na semana X

$Stock_{W(x-1)}$ – Stock no final da semana X - 1

MOQ – Encomenda mínima (*Minimum order quantity*)

O processo descrito anteriormente está ilustrado na figura 8.

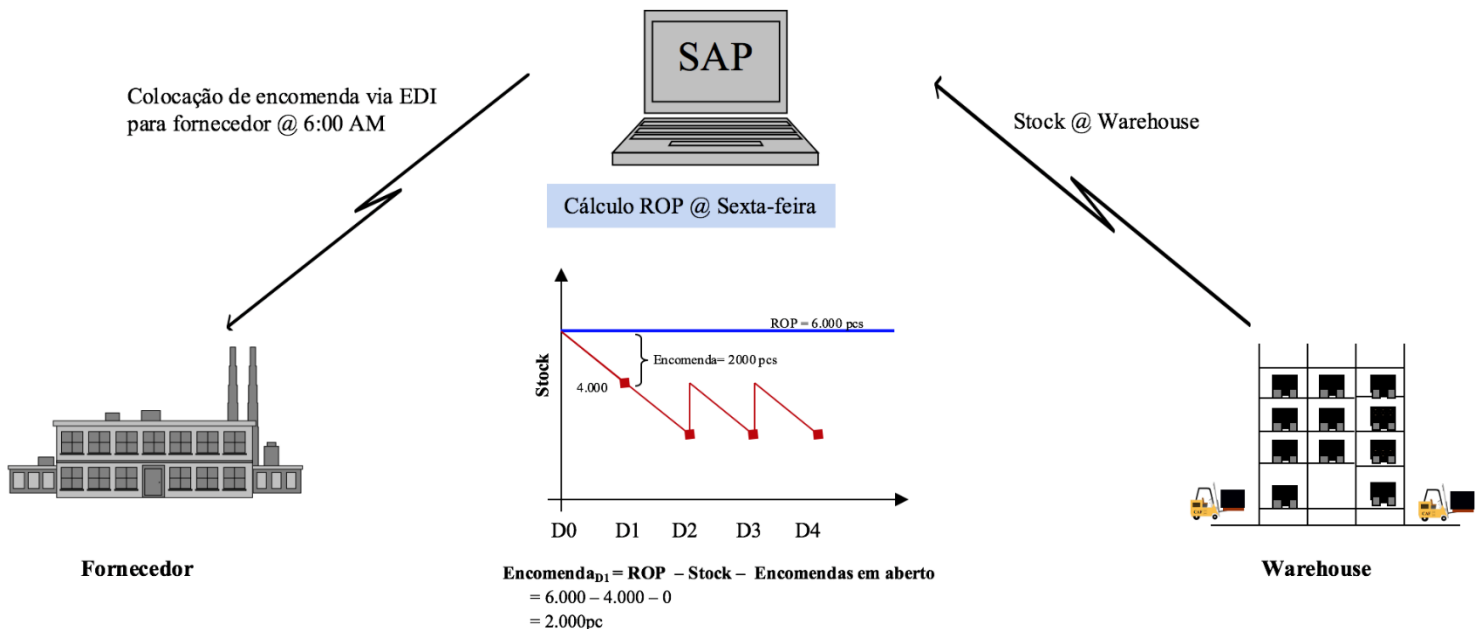


Figura 8 - Cálculo da quantidade a encomendar (ROP) ao fornecedor.

A fórmula de cálculo do ROP tem em conta duas variáveis, a cobertura durante o reabastecimento (*lead time* e frequência de encomenda) e o *stock* de segurança, e é transposto matematicamente na equação:

$$ROP = RE + SS. \quad (3.2)$$

Onde:

RE - *Replenishment time coverage* (cobertura durante o reabastecimento)

SS – *Stock de Segurança*

➤ RE – Cobertura durante o reabastecimento

O cálculo da cobertura durante o reabastecimento (RE) é obtido através do produto do consumo médio diário (ADC) pelo *lead time* e frequência de encomenda.

$$RE = (\text{lead time} + \text{frequência de encomenda}) \times ADC. \quad (3.3)$$

O consumo médio diário (ADC) é obtido através do somatório das previsões para o material/referência em análise, num horizonte de 4 semanas, a dividir pelo número de dias úteis (ou seja, de produção). Tomando por exemplo, no cálculo do ROP da semana 1 (obtido na sexta-feira da semana 0), o ADC será calculado atendendo ao somatório das previsões da semana 1 à semana 4, a dividir pelo número de dias úteis (≈ 20 dias).

$$ADC = \frac{\sum_{w=1}^4 \text{Previsões}_w}{n^{\circ} \text{ dias úteis}}. \quad (3.4)$$

O *lead time* é calculado pelo somatório de duração (em dias) das diversas etapas que o material sofre desde o momento da colocação da encomenda até estar pronto a ser utilizado pela produção (Fig 9). No caso de estudo em análise, todas as referências apresentam um *lead time* de 10 dias e uma frequência de encomenda de 5 dias.

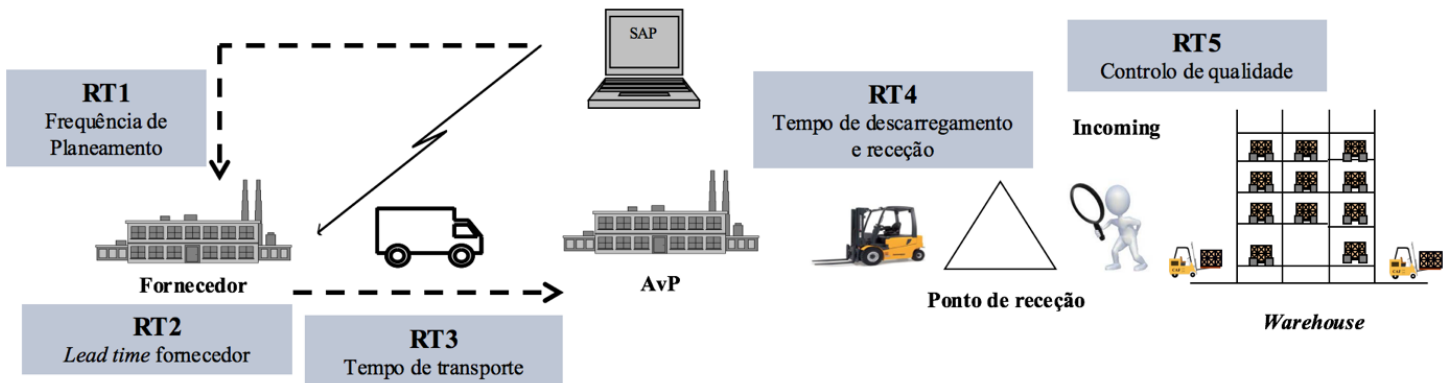


Figura 9 - Etapas que o material sofre desde o momento da encomenda até estar pronto para a produção.

$$\text{Frequência de encomenda} = RT_1 = 5 \text{ (dias)}.$$

$$\text{Lead time} = RT_2 + RT_3 + RT_4 + RT_5 = 10 \text{ (dias)}.$$

➤ SS – *Stock de Segurança*

O *stock de segurança* é definido pelo produto entre o consumo médio diário (ADC) pelo número de dias de *stock de segurança*. O número de dias de *stock de segurança* a considerar no cálculo, é definido tendo em conta a classificação ABC do material e a localização do fornecedor (nacional, europeu ou overseas). No entanto, o planeador responsável possui a liberdade para ajustar o número de dias a considerar, tendo em conta a sua experiência (por exemplo, referência

8-718-603-04A cujo número de dias a considerar é inferior ao sugerido pela empresa – tabela 6).

$$SS = ADC \times N^{\circ} \text{ dias de stock de segurança.} \quad (3.5)$$

Para o caso de estudo apresentado, o número de dias atualmente considerado no cálculo do *stock* de segurança está apresentado na tabela 6.

Tabela 6 - Número de dias de *stock* de segurança atualmente considerado para cada material.

Referência	ABC	Nº dias de <i>stock</i> de segurança - considerado	Nº dias de <i>stock</i> de segurança - sugerido
8-707-206-420	C	10	10-15
8-707-206-421	C	5	10-15
8-707-206-422	B	5	5-10
8-707-206-423	B	5	5-10
8-707-206-431	A	5	3-5
8-707-206-434	A	5	3-5
8-707-206-435	B	10	5-10
8-707-206-489	C	10	10-15
8-718-603-04A	C	4	10-15

3.2.3 Desafios e Oportunidades de melhoria identificadas

Conforme já apresentado anteriormente, o modelo de gestão de inventários utilizado pela empresa é o modelo de revisão periódica ou período fixo e a fórmula utilizada para cálculo do consumo esperado, embora seja idêntica à sugerida na literatura, apresenta diferenças que serão alvo de um estudo aprofundado, com o objetivo de averiguar se há potencial de melhoria.

Atendendo a estas diferenças, na fórmula utilizada pela empresa o *lead time* e a frequência de encomenda (ou intervalo de encomenda) são ambos multiplicadas pelo consumo médio diário (ADC), calculado com base num horizonte de 4 semanas. Este horizonte temporal considerado é superior ao sugerido por Jacobs e Chase (2013) (2 semanas de *lead time* e 1 semana para o intervalo de encomenda – total de 3 semanas), o que poderá levar a que seja considerado um valor de consumo diário desajustado da realidade.

Relativamente ao modelo de previsão, segundo Scholz-Reiter et al. (2012) a qualidade das previsões diminui com o aumento do período de planeamento (Fig. 10), e, atendendo que as encomendas são fixas pela empresa para um horizonte muito reduzido (2 dias), poderão estar a ser utilizadas previsões erradas, que distorcem o valor do consumo médio diário e, consequentemente, a quantidade a encomendar ao fornecedor (e os níveis de *stocks*).

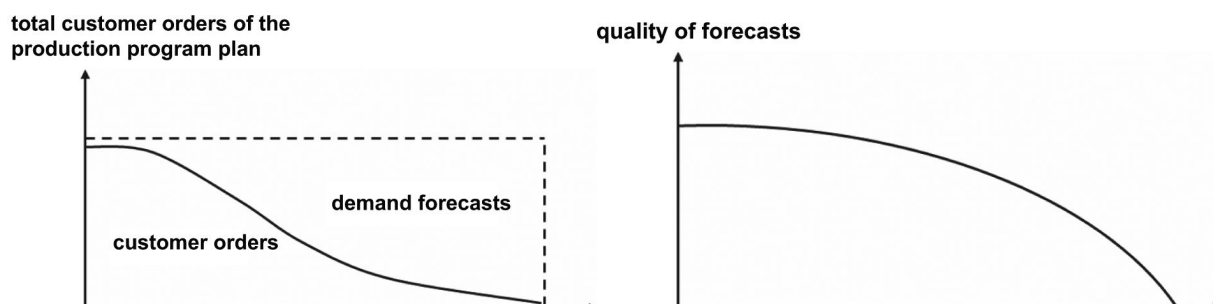


Figura 10 - Evolução da qualidade das previsões com o aumento do horizonte temporal. (Scholz-Reiter et al. 2012)

Uma outra diferença reside no cálculo do *stock* de segurança. A fórmula utilizada pela empresa para além de utilizar o consumo médio diário (com base nas previsões, para um horizonte de 4 semanas), multiplica esse valor pelo número de dias de *stock* de segurança. Este valor, ao ser definido empiricamente pelo planeador ou pela classificação ABC, apresenta potencial de melhoria. Segundo a literatura, o cálculo do *stock* de segurança pode ser calculado de diversas formas, nomeadamente atendendo ao desvio padrão dos erros de previsão ou do consumo esperado durante o *lead time*. Estas evidências reforçam a necessidade de um estudo aprofundado a este parâmetro.

Adicionalmente, o número de dias de *stock de segurança* é definido tendo em conta não só a localização do fornecedor, mas também a classificação ABC. Este método de priorização de *stocks* utiliza como regra de classificação o consumo anual e, consequentemente, ignora as variações de consumo que um material possa revelar. De salientar que, a principal função do *stock* de segurança é absorver/proteger contra eventuais variações de consumo e de *lead time*, levando a que seja necessário considerar maiores níveis de *stock* de segurança para materiais com maiores variações de consumo. Em sentido oposto, materiais com consumos regulares, exigem menores níveis de *stock* de segurança Ballou (2004).

4 Abordagem Metodológica Proposta

Nos pontos seguintes será apresentado o trabalho desenvolvido, desde a análise inicial aos materiais alvo deste estudo, até às propostas e avaliação das medidas de melhoria sugeridas. Os dados apresentados foram objeto de análise utilizando o software Excel (Microsoft®), tendo sido exportados do SAP.

4.1 Análise situação atual

Com o objetivo de sugerir propostas de melhoria tornou-se imperativo realizar um diagnóstico ao estado atual do fornecedor em estudo. Para isso, decidiu-se utilizar o ano de 2016 como referência para o estudo. Desta forma, foi possível identificar oportunidades de melhoria e, mais relevante, realizar uma comparação entre estado atual e o novo estado.

4.1.1 Avaliação da gestão de *stocks*

Com o objetivo de diagnosticar o ano de 2016 para o fornecedor selecionado, efetuou-se uma análise para níveis de *stock* para as referências em estudo. Segundo Reis (2005), a gestão de *stocks* procura evitar a existência de artigos com:

- Rentabilidade ou rotação diminuta;
- Rutura de *stocks*;

Para que tal seja conseguido, é usual recorrer-se a indicadores de controlo de gestão de *stocks* que avaliam se os objetivos referidos anteriormente são atingidos. Esses indicadores são: a taxa de rotação/cobertura de *stocks*, e a taxa de ruturas.

De forma a calcular estes indicadores, foi necessário primeiramente obter os níveis de *stocks* e de consumos médios por referência para o ano de 2016. Estes dados, que podem ser consultados na tabela 7, foram retirados do SAP, utilizando duas transações para o efeito. Adicionalmente, e com o objetivo de determinar os padrões de consumo para cada referência, procedeu-se ao cálculo do coeficiente de variação. Os limites para a segmentação de *stocks* XYZ utilizados, foram aqueles referidos no capítulo 2.2.

Tabela 7 - Classificação XYZ e valores de *stock* e consumos médios anuais.

Referência	XYZ	<i>Stock</i> médio/mensal (quant.)	Consumo médio/anual (quant.)
8-707-206-420	X	2 002	14 916
8-707-206-421	Y	2 128	21 674
8-707-206-422	X	7 070	96 002
8-707-206-423	X	14 636	224 682
8-707-206-431	X	24 455	370 880
8-707-206-434	X	34 693	547 701
8-707-206-435	Y	4 653	42 316
8-707-206-489	Y	1 560	10 598
8-718-603-04A	X	3 083	47 495

Obtidos os valores de *stocks* e consumos, torna-se interessante calcular a taxa de rotação, que traduz o número de vezes que o *stock* se renova no ano, e é dado pela fórmula (4.1).

$$\text{Taxa de rotação} = \frac{\text{Consumo anual (volume das saídas de armazem)/ano}}{\text{Stock médio mensal/ano}}. \quad (4.1)$$

Da análise deste indicador é possível concluir sobre o risco de rutura de *stock*, sendo que uma taxa de rotação elevada significa um maior risco de rutura de *stocks*. Contudo, esta situação, é igualmente sinónimo de grande rendibilidade para a empresa e, consequentemente, quanto maior for a taxa de rotação de *stocks*, mais eficiente será a gestão dos mesmos. Os valores de taxa de rotação obtidos para cada referência podem ser consultados na tabela 8.

Tabela 8 - Taxa de rotação por material em estudo.

Referência	ABC	XYZ	Taxa de rotação (ano)
8-707-206-420	C	X	7,45
8-707-206-421	C	Y	10,18
8-707-206-422	B	X	13,58
8-707-206-423	B	X	15,35
8-707-206-431	A	X	15,17
8-707-206-434	A	X	15,79
8-707-206-435	B	Y	9,10
8-707-206-489	C	Y	6,79
8-718-603-04A	C	X	15,40

À taxa de rotação pode associar-se um outro indicador de gestão de *stocks*, a taxa de cobertura das necessidades. Este indicador, que traduz o período de tempo em que o *stock* pode ser movimentado sem que haja necessidade de efetuar uma nova encomenda, é dado pela expressão (4.2).

$$\text{Taxa de cobertura} = \frac{\text{Stock médio mensal/ano}}{\text{Consumo médio mensal}}. \quad (4.2)$$

Valores elevados de cobertura são, naturalmente, um indicador de uma gestão de *stocks* ineficiente. As taxas de cobertura calculadas para as referências em estudo são apresentadas na tabela 9.

Tabela 9 - Taxa de cobertura por material em estudo.

Referência	ABC	XYZ	Taxa de cobertura (ano)	Taxa de cobertura (dias)
8-707-206-420	C	X	0,13	49
8-707-206-421	C	Y	0,10	36
8-707-206-422	B	X	0,07	27
8-707-206-423	B	X	0,07	24
8-707-206-431	A	X	0,07	24
8-707-206-434	A	X	0,06	23
8-707-206-435	B	Y	0,11	40
8-707-206-489	C	Y	0,15	54
8-718-603-04A	C	X	0,06	24

Como se pode observar, é detetável um aumento da taxa de cobertura e diminuição na taxa de rotação nas categorias menos importantes. Em termos médios, as referências A, B, e C apresentam uma taxa de cobertura de 24, 30, e 41 dias, respetivamente. Também no que diz respeito às categorias de padrões de consumo, em termos médios, verifica-se um aumento da taxa de cobertura, para a categoria com consumo irregular (Y – 43 dias), comparativamente com a categoria X (28 dias).

Estes resultados vêm ao encontro do esperado e, revela uma clara identificação por parte da empresa das referências mais importantes e das que têm um consumo mais regular.

Contudo, outra conclusão que é possível retirar prende-se com os elevados níveis de ambos os indicadores. Para o fornecedor em estudo, a frequência de encomenda é semanal o que, conjugado com a filosofia *just-in-time* que a empresa segue no caso do aprovisionamento, permite concluir que os níveis de cobertura obtidos são elevados. O objetivo da empresa passa por aumentar a frequências de entregas, ou seja, diminuir a taxa de cobertura, diminuindo assim o nível médio de *stocks*.

Para tal, é importante detetar a razão pela qual os níveis de cobertura são elevados, tendo-se identificado duas possíveis causas:

- Ineficiências do fornecedor/transportador;
- Método de cálculo da quantidade a encomendar no momento de revisão.

A primeira causa referida foi analisada em conjunto com o planeador responsável pelo fornecedor, tendo-se verificado que, no ano de 2016, este cumpriu escrupulosamente com os prazos de entrega e quantidades encomendas. Ineficiências no transporte do fornecedor para a AvP (atrasos) foram também descartadas. Estes factos, contribuíram para que para as referências em estudo não se tivessem registado qualquer rutura de *stock* em 2016.

Rejeitada a hipótese de ineficiências do fornecedor/transportador para os elevados níveis de *stock*, tornou-se importante analisar detalhadamente o método de cálculo da quantidade a encomendar no momento de colocação da encomenda – fórmula de *reorder point* (ROP).

4.1.2 Reorder point

Na fórmula atualmente utilizada pela empresa para o cálculo da quantidade a encomendar ao fornecedor há um dado que sobressai e que deve ser analisado pormenorizadamente. O consumo médio diário (ADC). Este parâmetro, que é calculado considerando as previsões para um horizonte de 4 semanas, é multiplicado pelo número de dias de cobertura de reabastecimento e pelo número de dias de *stock* de segurança. Consequentemente, se o ADC calculado não se confirmar quer seja por excesso ou por defeito, levará a que o ROP calculado seja desajustado, podendo provocar um aumento dos níveis de *stock* ou rutura de *stock*, respetivamente. Desta forma, procedeu-se ao estudo deste indicador (ADC).

Utilizando uma transação em SAP, extraiu-se o histórico do ROP para as referências em estudo (ano 2016). Organizou-se os ROPs obtidos por semana para cada referência e procedeu-se ao cálculo do ADC considerado (ADC previsto) para cada ROP. De seguida procedeu-se ao cálculo do ADC real, ou seja, qual deveria ter sido o consumo médio diário considerado (tendo como base o consumo efetivo). Obtidos esses valores, procedeu-se à comparação entre o ADC previsto e o ADC real (Δ_{ADC}), de forma a avaliar se, de facto, os níveis de *stock* estavam a ser inflacionados devido a este dado. Os valores obtidos, em termos médios, para cada referência, podem ser consultados na tabela 10.

$$\Delta_{ADC} = ADC_{PREVISTO} - ADC_{REAL}. \quad (4.3)$$

$$\Delta_{\text{unidades-stock segurança}} = \Delta_{ADC} \times N^{\circ} \text{ dias de stock de segurança.} \quad (4.4)$$

$$\Delta_{\text{unidades-cobertura reabastecimento}} = \Delta_{ADC} \times (\text{lead time} + \text{frequência de encomenda}). \quad (4.5)$$

Tabela 10 - Comparação entre o ADC previsto e o ADC real por referência (horizonte 4 semanas).

Referência	Δ_{ADC} médio (quant.)	Δ unidades – stock segurança	Δ unidades – cobertura reabastecimento	% de semanas com ADC inflacionado
8-707-206-420	+16	+163	+245	88 %
8-707-206-421	+44	+218	+654	88 %
8-707-206-422	+184	+921	+2763	94 %
8-707-206-423	+348	+1739	+5216	90 %
8-707-206-431	+542	+2711	+8134	90 %
8-707-206-434	+1007	+5034	+15103	96 %
8-707-206-435	+55	+546	+819	84 %
8-707-206-489	+13	+135	+202	74 %
8-718-603-04A	+60	+239	+8185	90 %

Como se pode observar, em termos médios verifica-se uma elevada diferença entre o valor do consumo médio diário considerado no cálculo do ROP e o consumo efetivo do material. Esta diferença é amplificada aquando da multiplicação pelo nº de dias de *stock* de segurança, e pelo *lead time* e frequência de encomenda, originando um aumento do número de unidades a considerar no cálculo do ROP. Adicionalmente, verifica-se para todas as referências em estudo que o valor do ADC considerado se encontra inflacionado, na maioria das semanas. Esta será, efetivamente, uma das razões para os elevados níveis de *stock*.

4.1.3 Previsões

As previsões desempenham um papel fundamental no cálculo das quantidades a encomendar ao fornecedor no momento da revisão. Como analisado anteriormente, o consumo médio diário calculado com base nas previsões encontra-se inflacionado e, conseqüentemente, torna-se importante estudar o nível de precisão dos métodos de previsão atualmente utilizados pela empresa.

O cálculo do consumo médio diário (ADC), é realizado automaticamente pelo SAP no momento de cálculo do *reorder point* (realizado semanalmente à sexta-feira). Conseqüentemente, o ROP calculado na sexta-feira da semana 0 e utilizado na colocação de encomendas na segunda-feira da semana 1, utiliza as previsões da semana 1 até à semana 4 para o cálculo do ADC. Atendendo a esta metodologia foi calculado, para cada referência, o erro das previsões.

Os indicadores utilizados para avaliar a qualidade das previsões foram apresentados no capítulo 2.4.5, sendo que foram calculados os erros tendo em conta diferentes *steps*/passos (1, 2, 3, e 4 semanas). Na prática isto significa que para o *step* = 4, o erro de previsão calculado será resultado da comparação entre a previsão realizada na semana 0 para o consumo da semana 4, e o consumo efetivo verificado na semana 4. Os resultados para o erro percentual médios absolutos (EPAM) podem ser consultados na tabela 11.

Tabela 11 - Erro percentual médio absoluto (EPAM) para as referências em estudo.

	EPAM				
Referência	S1	S2	S3	S4	Global
8-707-206-420	24%	47%	48%	59%	44%
8-707-206-421	62%	77%	93%	101%	83%
8-707-206-422	26%	34%	38%	37%	34%
8-707-206-423	18%	247%	296%	254%	204%
8-707-206-431	16%	56%	10%	49%	33%
8-707-206-434	22%	28%	35%	35%	30%
8-707-206-435	48%	44%	56%	76%	56%
8-707-206-489	33%	126%	101%	136%	99%
8-718-603-04A	16%	20%	18%	20%	19%
Global	29%	75%	77%	85%	67%

Analisando os valores de erros de previsão obtidos é possível concluir que, em média, o erro percentual absoluto médio (EPAM) das previsões é de 67%. Verifica-se que, excetuando a referência 8-707-206-423, que apresenta um erro médio bastante elevado quando comparado com os demais materiais, a existência de um maior erro médio nos materiais com consumos irregulares/classificação Y ($\approx 79\%$) do que nos materiais com consumos regulares ($\approx 32\%$), tal como esperado. O aumento do erro percentual médio com o aumento do *step*, ou seja, verifica-se um aumento do erro de previsão com o aumento do horizonte temporal para o qual se realiza a previsão, é uma conclusão adicional a retirar da análise. Os resultados para o erro percentual médio (EPM) podem ser consultados na tabela 12.

Tabela 12 - Erro percentual médio (EPM) para as referências em estudo.

	EPM				
Referência	S1	S2	S3	S4	Global
8-707-206-420	-11%	-25%	-29%	-26%	-22%
8-707-206-421	-35%	-42%	-63%	-68%	-52%
8-707-206-422	-11%	-23%	-28%	-23%	-21%
8-707-206-423	-3%	-230%	-282%	-237%	-188%
8-707-206-431	-5%	-45%	-6%	-35%	-23%
8-707-206-434	-12%	-16%	-23%	-25%	-19%
8-707-206-435	-28%	-6%	-28%	-42%	-26%
8-707-206-489	1%	-67%	-64%	-89%	-55%
8-718-603-04A	-6%	-4%	-2%	0%	-3%
Global	-12%	-51%	-58%	-60%	-45%

Relativamente ao erro percentual médio (EPM), é importante referir que:

- EPM < 0, corresponde a previsões inflacionadas;
- EPM > 0, corresponde a previsões inferiores à realidade.

Atendendo aos valores obtidos para este indicador, é de notar a predominância de valores negativos para todas as referências em estudo, independentemente do passo/*step* considerado. O que demonstra que as previsões, atualmente utilizadas pela a empresa, tendem a inflacionar o valor dos consumos esperados. Este facto, e atendendo que o cálculo do consumo médio diário (ADC) é obtido através das previsões a 4 semanas, corrobora a conclusão obtida anteriormente de que o valor de ADC se encontra inflacionado.

Analisando-se detalhadamente a evolução dos consumos para as referências em estudo, verifica-se que há uma elevada variabilidade a curto prazo. Tal como a figura 11 demonstra, verifica-se que, por exemplo que para a referência de maior consumo (8-707-206-434), existem fortes variações no consumo de uma semana para a outra. Esta variabilidade que é despoletada pela elevada flexibilidade que a empresa possui para reagir ao mercado, pode ser uma das razões para os elevados erros de previsão detetados. A variação semanal dos consumos, para cada um dos materiais alvos de estudo, é apresentada no anexo A.



Figura 11- Variabilidade nos consumos de matérias-primas entre semanas consecutivas (referência 8-707-206-434).

Contudo, os resultados obtidos são suficientes para justificar a necessidade de aprofundar a possibilidade de melhorar os métodos de previsão. Melhores previsões, permitirão o cálculo de consumos médios diários mais próximos dos consumos reais, diminuindo desta forma os níveis de *stock*.

4.2 Apresentação de propostas de melhoria

Após análise à situação atual e identificação de oportunidades de melhoria, é necessário realizar um estudo aprofundado das propostas de melhoria. Esse estudo, apresentado seguidamente, focar-se-á sobre a possibilidade de melhorar a qualidade de previsões, apresentação fórmulas alternativas de cálculo do *stock* de segurança, assim como de outras propostas de melhoria.

4.2.1 Métodos de previsão

Com o objetivo de auferir a possibilidade de melhorar as previsões, decidiu-se recorrer aos métodos de previsão dos consumos para as referências em estudo. Uma vez que se pretende comparar o nível de precisão das previsões, os métodos de previsão aplicados neste estudo foram testados com recurso à criação de previsões *ex-post*. Para cada referência, foram obtidos os consumos semanais (agregação dos dados) dos anos de 2014 e 2015. Estes foram utilizados para a criação dos modelos, aplicados posteriormente na previsão dos consumos de 2016.

As previsões apresentadas seguidamente foram obtidas para as referências com classificação AX, BX, e BY. Decidiu-se não aplicar os métodos de previsão às referências C devido a serem peças com custo mais reduzido, mais baratas de manter em inventário, e que não justificam a aplicação de métodos estatísticos complexos. Os métodos de previsão aplicados foram aqueles apresentados no capítulo 2.4, tendo sido utilizados 1 a 4 *steps*:

- Amortecimento Exponencial Duplo (Exp. Duplo);
- Amortecimento Exponencial de Holt (Exp. Holt);
- Amortecimento Exponencial de Holt-Winters (Exp. Holt-Winters);

Os fatores variáveis dos métodos foram ajustados de forma a minimizar o erro quadrático médio (EQM), sendo utilizado o erro percentual absoluto médio (EPAM) como critério de comparação entre os diversos métodos aplicados.

Numa fase inicial e antes da aplicação dos métodos procedeu-se, para cada referência, a uma análise gráfica com o objetivo de identificar tendências e movimentos sazonais nos padrões de consumo. Na figura 12, é possível verificar a representação gráfica da evolução dos consumos para a referência 8-707-206-434 (AX), onde se identificou padrões de tendência.

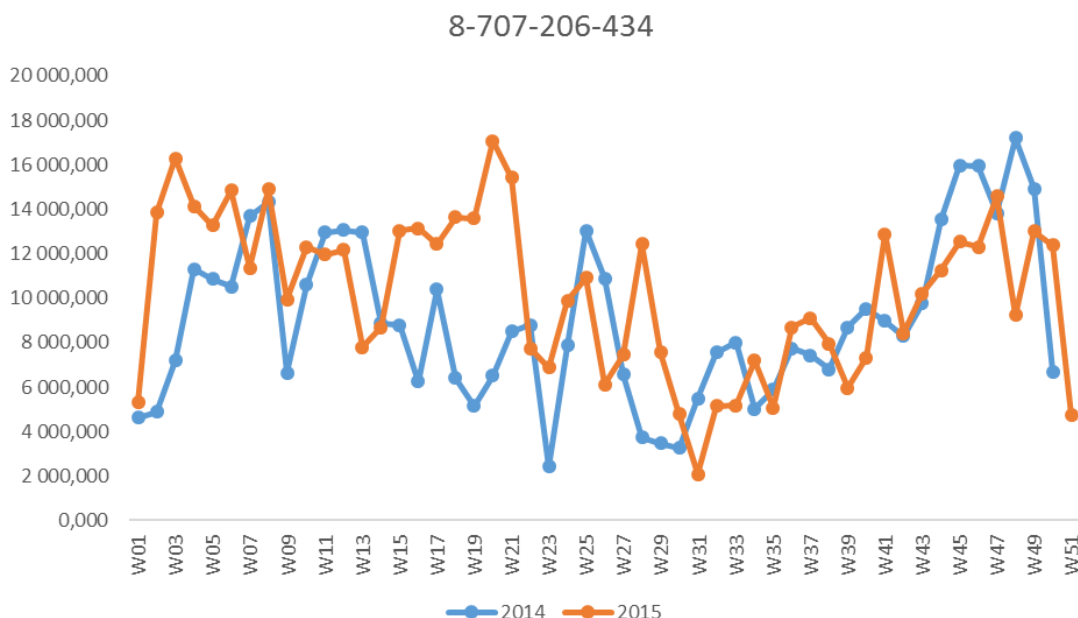


Figura 12 - Consumos registados para a referência 8-707-206-434 para os anos 2014 e 2015.

Para as restantes referências, que foram sujeitas aos métodos de previsão, o comportamento dos consumos é semelhante à referência apresentada anteriormente. No entanto, devido à agregação semanal dos dados, em algumas referências foi difícil identificar padrões de sazonalidade. Os resultados obtidos, para os diferentes métodos de previsão, bem como a comparação com o método de previsão atualmente utilizado pela empresa podem ser consultados na tabela 13. É importante referir que, os valores apresentados na tabela, são os valores médios da aplicação dos diversos métodos de previsão com os diferentes *steps*.

Tabela 13 – Precisão de métodos de previsão para *steps* 1 a 4 (EPAM).

Referência	EPAM			
	Exp.Holt	Exp. Duplo	Exp. Holt-Winters	Método atual
8-707-206-422	46%	39%	41%	34%
8-707-206-423	220%	212%	216%	204%
8-707-206-431	53%	53%	54%	33%
8-707-206-434	44%	44%	47%	30%
8-707-206-435	83%	55%	59%	56%

Analisando os valores obtidos, verifica-se que a aplicação dos métodos de previsão não resultou numa melhoria na precisão das previsões. A única exceção é a referência 8-707-206-435, cujo erro percentual médio absoluto calculado para o método amortecimento exponencial duplo foi ligeiramente inferior ao erro associado às previsões atualmente utilizadas.

Uma vez que as previsões utilizadas pela empresa para a semana 1 (do horizonte de quatro semanas) contêm encomendas fixas (planeamento de produção fixo), decidiu-se verificar se apenas considerando os passos 2, 3 e 4, as conclusões obtidas anteriormente eram idênticas. Os valores médios do erro percentual médio absoluto, podem ser consultados na tabela 2.

Tabela 14 - Precisão de métodos de previsão para *steps* 2 a 4 (EPAM).

Referência	EPAM			
	Exp.Holt	Exp. Duplo	Exp. Holt-Winters	Método atual
8-707-206-422	36%	30%	31%	27%
8-707-206-423	169%	161%	166%	199%
8-707-206-431	41%	41%	41%	29%
8-707-206-434	35%	35%	35%	25%
8-707-206-435	63%	41%	45%	44%

Analisando-se os resultados verifica-se que a aplicação dos métodos de previsão, nomeadamente do método de amortecimento exponencial duplo, permitiram reduzir o erro associado, quando comparado com as previsões da empresa, em duas referências (8-707-206-423 e 8-707-206-435). Não obstante, para as restantes referências estudadas, a aplicação dos métodos não resultou numa melhoria. Por essa razão, e na impossibilidade de retirar uma conclusão clara e objetiva, acredita-se que a possibilidade de melhorar o cálculo do consumo médio diário (ADC) através da aplicação dos métodos de previsão apresentados anteriormente não será bem-sucedida.

4.2.2 Consumo médio diário

Dada a dificuldade de melhorar as previsões para a obtenção de um valor de consumo médio diário (ADC) mais ajustado ao valor real através da aplicação de métodos de previsão, torna-se importante verificar se, diminuindo o horizonte temporal para o cálculo do ADC de 4 semanas para 3 semanas, o valor do ADC obtido é mais ajustado ao valor real. A utilização de um horizonte de três semanas é justificada com o estudo do estado da arte realizada no capítulo 2, na qual se concluiu que para os modelos de gestão de inventários de período fixo, o valor do consumo médio diário a utilizar deve ser calculado atendendo aos dias de *lead time* e de

frequência de encomenda (total de quinze dias úteis, ou seja, três semanas).(Jacobs e Chase 2013)

A comparação entre os valores médios para o ADC previsto (para o horizonte temporal de três semanas) e o ADC real (Δ_{ADC} médio), para cada referência, pode ser consultada na tabela 15.

Tabela 15 - Comparação entre o ADC previsto e o ADC real por referência (horizonte 3 semanas).

Referência	4 Semanas			3 Semanas		
	Δ_{ADC} médio (quant.)	% de semanas com ADC inflacionado	Nº médio de unidades em déficit (ADC previsto < ADC real)	Δ_{ADC} médio (quant.)	% de semanas com ADC inflacionado	Nº médio de unidades em déficit (ADC previsto < ADC real)
8-707-206-420	+16	88 %	147	+4	60 %	43
8-707-206-421	+44	88 %	131	+9	62 %	66
8-707-206-422	+184	94 %	161	+34	72 %	101
8-707-206-423	+348	90 %	392	+40	60 %	287
8-707-206-431	+542	90 %	425	+56	54 %	320
8-707-206-434	+1007	96 %	249	+211	74 %	416
8-707-206-435	+55	84 %	212	+1	50 %	173
8-707-206-489	+13	74 %	142	+2	48 %	215
8-718-603-04A	+60	90 %	23	+1	46 %	36
		89 %	209		58 %	184

Analisando-se os valores obtidos verifica-se que houve uma redução dos valores médios da comparação entre o ADC previsto e real. Porém, e analisando mais detalhadamente os valores calculados, denota-se que contrariamente aos valores obtidos atendendo a um horizonte de 4 semanas, os valores de ADC obtidos semanalmente com base num horizonte de 3 semanas se encontram inflacionados em menor percentagem. Por outras palavras, utilizando um horizonte de 3 semanas verificou-se que havia um maior número de semanas em que o ADC considerado foi inferior ao real. Consequentemente, a possibilidade de ocorrer ruturas de *stock* nessas semanas será maior. Na figura 13, está representado para a referência 8-707-206-435 a evolução por semana da diferença entre ADC previsto e real para um horizonte de 3 e 4 semanas. No anexo B é possível consultar a mesma análise para as restantes referências em estudo.

Consumo Médio Diário (Δ) - Referência 8-707-206-435

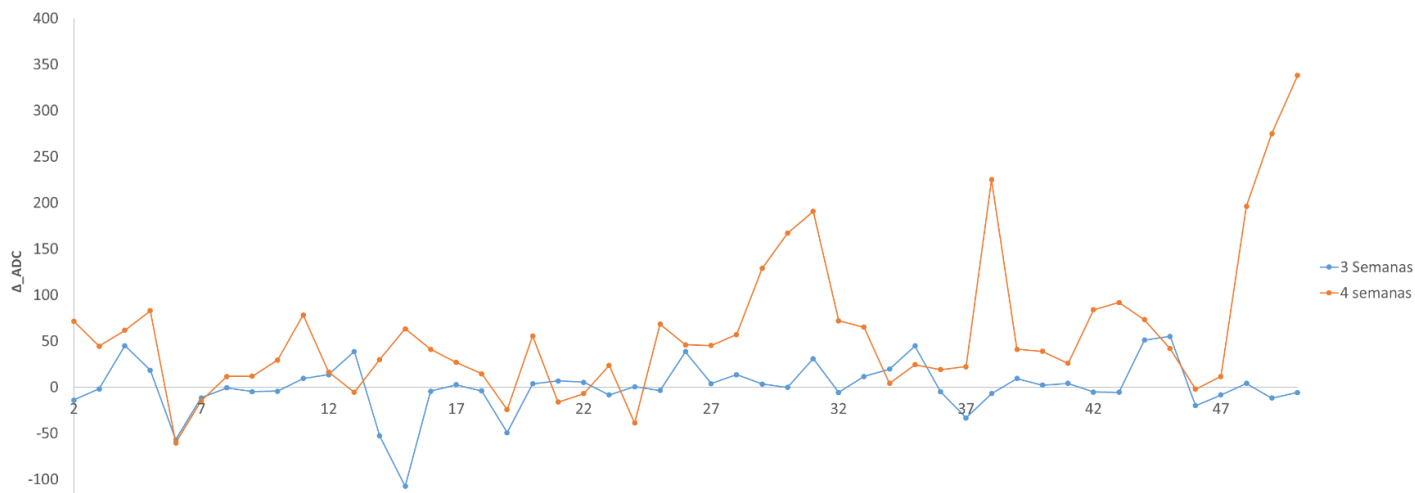


Figura 13 - Evolução do Δ_{ADC} para um horizonte de 4 e 3 semanas para a referência 8-707-206-435.

Em resumo, e atendendo aos valores anteriormente apresentados, verifica-se que a utilização de um horizonte de três semanas, como sugerido na literatura, para o cálculo do consumo esperado, deverá ser simulado de forma a retirar conclusões concretas.

4.2.3 Stock de segurança

O segundo parâmetro da fórmula de *reorder point* utilizada pela empresa é o cálculo do *stock* de segurança. Como apresentado anteriormente este valor é obtido através da multiplicação do consumo médio diário pelo número de dias de *stock* de segurança, que varia consoante a classificação ABC e localização do fornecedor do material/referência em causa.

Tal como apresentado no capítulo 2.2.1 e 2.4, existe um conjunto de métodos alternativos para o cálculo do *stock* de segurança. Atendendo que o nível de precisão das previsões é baixo, a fórmula atualmente utilizada pela empresa inflaciona, naturalmente, o número de unidades a considerar no cálculo do *stock* de segurança. Assim, averiguar se a utilização dos métodos propostos pela literatura possibilita a redução do nível de *stock* de segurança é uma análise importante.

Para tal, procedeu-se ao cálculo do *stock* de segurança a considerar no ROP de cada semana, para o ano de 2016, usando as seguintes fórmulas:

$$SS = FS \times \sqrt{LT \times \sigma_d^2 + D_{avg}^2 \times \sigma_{LT}^2}. \quad (4.6)$$

$$SS = FS \times \sqrt{LT \times \sigma_f^2 + D_{avg}^2 \times \sigma_{LT}^2}. \quad (4.7)$$

$$SS = FS \times \sqrt{(OI + LT) \times \sigma_{D(OI+LT)}}. \quad (4.8)$$

$$SS = ADC_{Horizonte=3 \text{ semanas}} \times N^{\circ} \text{ dias de stock de segurança}. \quad (4.9)$$

Para a fórmula (4.6) foram utilizados cinco níveis de serviço diferentes (70%, 80%, 90%, 95% e 98%), enquanto para a fórmula (4.7) e fórmula (4.8) apenas foi considerado um nível de serviço de 98% e 95%, respetivamente (tabela 16). É também importante salientar que se considerou nulo o desvio padrão do *lead time* do fornecedor, devido há inexistência de encomendas em atraso ao longo do ano de 2016, permitindo efetuar essa assunção.

Tabela 16 – Número médio de unidades de *stock* de segurança a considerar, recorrendo às fórmulas de cálculo de *stock* de segurança.

Referência	SS_atual	(4.6)					(4.7)	(4.8)	(4.9)
		70%	80%	90%	95%	98%			
8-707-206-420	739	234	376	573	735	918	343	607	461
8-707-206-421	637	488	783	1193	1531	1911	268	2260	351
8-707-206-422	2832	1045	1677	2553	3277	4092	2188	2974	1564
8-707-206-423	6065	2755	4422	6733	8642	10791	3439	6257	3377
8-707-206-431	9906	4356	6990	10644	13662	17058	5305	9077	5543
8-707-206-434	15630	6581	10562	16083	20643	25774	11449	15860	8853
8-707-206-435	2220	1547	2483	3780	4852	6058	3028	2714	839
8-707-206-489	555	272	437	665	853	1065	595	895	1265
8-718-603-04A	961	558	896	1364	1751	2186	715	1094	540

Analisando-se a tabela 16, é possível verificar que há uma redução do número de unidades de *stock* de segurança a considerar quando a fórmula (4.6) é utilizada, para um nível de serviço de 80%. Também as fórmulas (4.7) e (4.9) conduzem a que seja considerado um *stock* de segurança mais reduzido. Em sentido oposto, o recurso à fórmula que pressupõe o cálculo do desvio padrão da procura durante o período da encomenda e *lead time*, origina que sejam considerados *stocks* de segurança mais elevados. Este facto corrobora, mais uma vez, a elevada variabilidade da procura/consumo esperado a curto prazo.

Apesar de os valores obtidos permitirem concluir que a utilização de fórmulas propostas na literatura resulta na diminuição de unidades de *stock* de segurança a considerar, é necessário averiguar se, considerando o *stock* de segurança calculado através das fórmulas anteriormente apresentadas no cálculo do ROP, não ocorrem ruturas de *stock*. Para isso, será necessário simular-se para cada referência individualmente o ano de 2016. Apenas recorrendo a uma simulação, será possível retirar conclusões fidedignas.

4.3 Avaliação de propostas de melhoria

A avaliação das propostas de melhoria sugeridas no capítulo 4.2 será realizada recorrendo a uma simulação, em Excel. Com base nesta análise, será calculado um conjunto de indicadores de gestão de *stocks* que permitirá auferir a viabilidade das propostas de melhoria sugeridas.

4.3.1 Simulação - Descrição

De forma a verificar o impacto das propostas de melhoria sugeridas no processo de aprovisionamento do fornecedor em estudo, decidiu-se realizar uma simulação em Excel. A simulação, consiste na replicação o processo de aprovisionamento para cada referência, individualmente, desde o mês de Fevereiro até Dezembro de 2016.

O modelo desenvolvido, foi organizado por semanas (atendendo que a frequência de encomenda é semanal) e tem como *inputs* o:

- Consumo efetivo registado no ano de 2016, para cada semana;
- MOQ - Encomenda mínima (*Minimum quantity order*);
- Valor de *stock* no final do mês de Janeiro (semana 4);
- Valor do *reorder point* para cada semana;

Com os valores de entrada referidos, é calculada a quantidade a encomendar ao fornecedor, o valor em *stock* no final de cada semana e verifica-se se ocorre ou não ruturas de *stock*. A quantidade a encomendar a cada semana é calculada através da expressão (4.10).

$$Encomenda_{W(X)} = Valor_{stock_final_{W(X-1)}} + Encomendas_{W(X-1)} - ROP_{W(X)}. \quad (4.10)$$

Se:

$$Encomenda_{W(X)} > 0 \rightarrow Encomenda_{W(X)} = 0.$$

Senão:

Se:

$$Encomenda_{W(X)} < 0 \wedge |Encomenda_{W(X)}| \leq MOQ \rightarrow Encomenda_{W(X)} = MOQ.$$

Senão:

$$Encomenda_{W(X)} = |Encomenda_{W(X)}|.$$

Onde:

$Encomenda_{W(X)}$ – Quantidade da encomenda a realizar na semana X;

$Valor_stock_final_{W(X-1)}$ – Quantidade em *stock* no final da semana X-1;

$Encomendas_{W(X-1)}$ – Encomenda realizada na semana X-1 (em trânsito);

$ROP_{W(X)}$ – Valor do *Reorder Point* da semana X.

O valor em *stock* no final de cada semana é obtido através da seguinte fórmula (4.11).

$$Valor_{stock_final_{W(X)}} = Valor_{stock_final_{W(X-1)}} + Encomendas_{W(X-1)} - Consumo_{W(X)}. \quad (4.11)$$

Onde:

$Consumo_{W(X)}$ – Consumo de material verificado na semana X.

Por fim, ocorre rutura de *stock* se se verificar a seguinte condição:

- **Se** $Consumo_{W(X)} - Valor_{stock_final_{W(X-1)}} < 0 \rightarrow$ Rutura de *stock* na semana X.

O modelo desenvolvido, cujo *template* pode ser observado na figura 14, permitirá verificar o impacto das medidas de melhoria sugeridas e retirar conclusões objetivas, através da replicação do aprovisionamento para o ano de 2016 para cada referência e da alteração dos valores de *stock* de segurança do *reorder point*, de acordo com as propostas de melhoria.

Adicionalmente, a simulação apresentada ao permitir obter o valor de *stock* no final de cada semana e a quantidade a encomendar, possibilitará verificar se houve uma redução dos níveis de inventário e um aumento no número de encomendas realizadas.

ROP				Consumo	Encomenda realizada na semana X	Valor em stock - final da semana X	Verificar ruturas
ROP	RE	SS					
W04						5000	
W05	6165	4867	1298	1 110	1165	3890	3890
W06	5546	4378	1168	1 020	1000	4035	2870
W07	4674	3690	984	1 404	0	3631	2631
W08	3546	2799	747	1 128	0	2503	2503
W09	3613	2852	761	936	1110	1567	1567
W10	3565	2814	751	876	1000	1801	691
W11	3211	2535	676	858	1000	1943	943
W12	3446	2720	726	594	1000	2349	1349
W13	5142	4059	1083	750	1793	2599	1599
W14	5007	3953	1054	984	1000	3408	1615
W15	4579	3615	964	1 170	1000	3238	2238
W16	3606	2847	759	943	0	3295	2295
W17	3914	3090	824	936	1000	2359	2359
W18	4408	3480	928	1 134	1049	2225	1225
W19	4408	3480	928	552	1134	2722	1673
W20	4636	3660	976	1 068	1000	2788	1654
W21	4250	3355	895	756	1000	3032	2032

MOQ

1000

Stock médio

3260

Nº encomendas realizadas

34

Nº ruturas

0

Lead time

10

Output - Modelo

Inputs - Modelo

Figura 14 - Simulação do processo de aprovisionamento para o ano de 2016.

4.3.2 Simulação - Resultados

Com o objetivo de verificar o impacto das propostas de melhoria, procedeu-se à simulação do aprovisionamento, para cada referência, no ano de 2016. Testou-se um conjunto de combinações para os valores do *reorder point* e verificou-se o impacto nos níveis de *stock*. As diferentes combinações testadas foram:

- cobertura durante o reabastecimento (RE), considerando um horizonte de 4 semanas para o cálculo do ADC, com diferentes valores de *stock* de segurança (SS) apresentados no capítulo 4.2.3;
- cobertura durante o reabastecimento (RE) considerando um horizonte de 3 semanas para o cálculo do ADC, com diferentes valores de *stock* de segurança (SS) apresentados no capítulo 4.2.3.

Os resultados obtidos, para cada referência, através das diferentes combinações realizadas, podem ser consultados no anexo C.

A primeira conclusão possível de retirar é que, de facto, existe potencial de melhoria na fórmula de *reorder point*. Excluindo a referência 8-707-206-489 (com consumo irregular e de classificação C), verificou-se que é possível reduzir os níveis médios de inventário aplicando as fórmulas sugeridas na literatura para o cálculo do *stock* de segurança.

Constatou-se também que, ao considerar-se um horizonte de 3 semanas para o cálculo do ADC (utilizando a fórmula atualmente utilizada pela empresa) ao invés de 4 semanas, ocorre rutura de *stock* para a maioria das referências em estudo. Este facto, que já era expectável, confirmou a conclusão retirada no capítulo 4.2.2, de que utilizando um horizonte mais reduzido, o ADC se encontrava inflacionado em menor percentagem ($\approx 58\%$), podendo provocar rutura de *stocks* em semanas em que o ADC considerado fosse inferior ao que efetivamente se verificou.

Da análise dos resultados realizada, concluiu-se adicionalmente que existe:

- Uma fórmula de cálculo de *stock* de segurança que, considerando dois fatores de segurança distintos, não resultou em rutura de *stocks*, independentemente da referência considerada, para um ADC calculado com base em 4 semanas e 3 semanas.

Uma vez que se acordou com os responsáveis da empresa, que as propostas de melhoria não poderiam contemplar a existência de qualquer rutura, independentemente da referência em

estudo, as combinações (e resultados) apresentados seguidamente serão aqueles que não resultaram em rutura de *stock*.

- **ADC calculado com base num horizonte de 4 semanas**

A fórmula atualmente utilizada pela empresa no cálculo do ROP, utiliza um horizonte de 4 semanas para o cálculo do ADC. Através da simulação efetuada, e mantendo constante o valor da cobertura durante o reabastecimento (RE), verificou-se a inexistência de ruturas de *stock* para as referências em estudo, quando a fórmula (4.6) foi utilizada para o cálculo do *stock* de segurança, considerando dois fatores de segurança distintos (95% e 98%).

Os valores médios de *stock* por semana (anexo C) obtidos para os dois fatores de serviço distintos, resultaram num aumento do *stock*. Verificou-se que, exceto para a referência 8-707-206-420 para um FS de 95%, ocorreu um aumento do *stock* médio por semana. Os resultados obtidos confirmam as conclusões obtidas no capítulo 4.2.3, no qual se verificou que havia um aumento de unidades de *stock* de segurança a considerar, para os FS de 95% e 98%. Concluiu-se desta forma que a possibilidade de diminuir os níveis de inventário, recorrendo aos métodos da literatura, considerando um horizonte de 4 semanas para o cálculo do RE, não conduziu a melhorias.

- **ADC calculado com base num horizonte de 3 semanas**

Através da utilização de um horizonte de 3 semanas no cálculo da cobertura durante o reabastecimento (RE) tal como sugerido na literatura, verificou-se a inexistência de ruturas quando a fórmula de cálculo do *stock* de segurança considerada foi a fórmula (4.6), considerando um fator de segurança de 95% e 98%. Os resultados obtidos, para cada referência, assim como a comparação com os resultados obtidos pela simulação utilizando a fórmula atualmente utilizada pela empresa, podem ser consultados na Tabela 17 e 18.

Tabela 17 - *Stock* médio e número de encomendas efetuadas, recorrendo à fórmula atual e fórmulas de cálculo de *stock* de segurança (FS de 95% e 98%).

Referência	Atual		(4.6)			
	<i>Stock</i> médio (quant.)	Número de encomendas	95%		98%	
			<i>Stock</i> médio (quant.)	Número de encomendas	<i>Stock</i> médio (quant.)	Número de encomendas
8-707-206-420	1910	13	1407	13	1602	13
8-707-206-421	2421	18	2315	20	2705	20
8-707-206-422	8388	34	4434	45	5208	45
8-707-206-423	16624	38	10845	43	12878	44
8-707-206-431	26762	38	16932	44	20175	44
8-707-206-434	46021	33	27154	46	32050	45
8-707-206-435	4520	29	4888	38	6016	38
8-707-206-489	1584	11	3105	11	3217	11
8-718-603-04A	3260	34	2487	40	2894	40
	111490		73568		86746	

Tabela 18 - Taxa de cobertura obtidas através da simulação, para as as propostas de melhoria sugeridas

Referência	Taxa de cobertura (dias)		
	Atual	NS=95%	NS=98%
8-707-206-420	52	38	43
8-707-206-421	45	43	51
8-707-206-422	35	18	22
8-707-206-423	30	19	23
8-707-206-431	29	18	22
8-707-206-434	33	19	23
8-707-206-435	42	46	56
8-707-206-489	61	120	125
8-718-603-04A	28	21	24

Analisando-se os valores obtidos, verifica-se que ocorreu uma redução do nível de inventário considerando ambos os fatores de segurança. Naturalmente, para um fator de segurança de 98%, o nível médio de inventário foi superior aquele que se obteve utilizando um FS de 95%. A utilização de um FS de 95% e de 98% resultou numa redução do nível médio de inventário por semana, comparativamente à situação atual, de 34% e 24%, respetivamente.

Uma conclusão também possível de retirar é a redução de inventário para todas as referências, excluindo as referências 8-707-206-435 e 8-707-206-489. Por outras palavras, para as referências com maior consumo anual, verificou-se uma redução importante no *stock* médio por semana. Também para o número de encomendas realizadas ao fornecedor, assistiu-se a um incremento.

O aumento do nível de inventário da referência 8-707-206-489 é justificado com a elevada variabilidade observada nos consumos para o ano de 2016. Este facto, aliado ao baixo consumo anual verificado para este material, conduz a que o aumento de inventário verificado não sendo desejável, não deve ser utilizado como critério para validação das propostas de melhoria.

Na figura 15 está representado a evolução do nível de inventário para a referência de maior consumo anual (8-707-206-434). É possível verificar que, com as propostas de melhoria sugeridas, quer para um fator de segurança de 95% como de 98%, o nível médio de *stock* no final de cada semana apresenta um comportamento regular. Em sentido oposto, utilizando a fórmula atualmente utilizada pela empresa, as evoluções dos níveis de inventário apresentam um comportamento irregular, contribuindo desta forma para um aumento dos níveis de inventário.

Evolução Nível de Stock - Referência 7-707-206-434

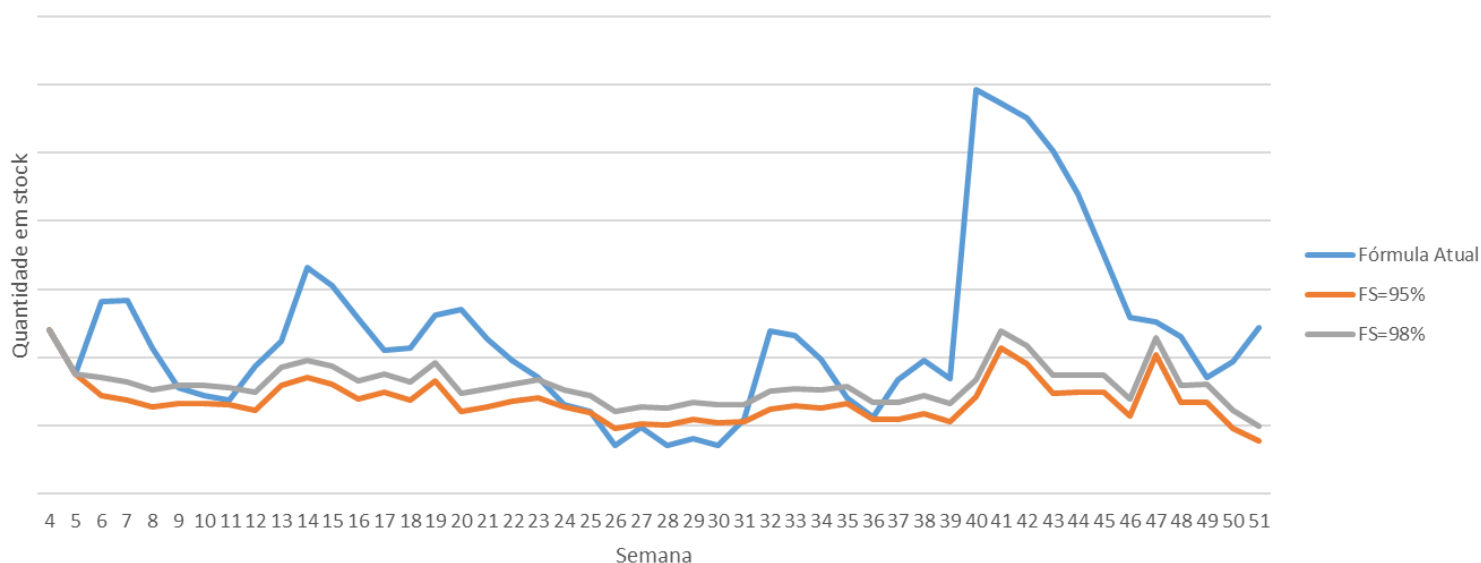


Figura 15 -Evolução semanal do nível de inventário para a referência 7-707-206-434, recorrendo às propostas de melhoria.

Torna-se também importante analisar a evolução da quantidade a encomendar ao fornecedor. O gráfico que demonstra essa evolução pode ser consultado na figura 16. É possível verificar que, tal como no nível de inventário, a quantidade a encomendar assume um comportamento regular com as propostas de melhoria propostas sendo menos sensível há ocorrência de picos de encomenda (minimizando o risco de falta de capacidade interna do fornecedor para satisfazer a encomenda). Também em termos médios, a quantidade a encomendar é inferior à fórmula atualmente utilizada, o que provoca a que haja um maior número de encomendas realizadas ao longo do ano. Em suma, verifica-se que com as propostas de melhoria sugeridas, tanto os níveis de *stock* como a quantidade a encomendar são menos sensíveis à variabilidade dos consumos/procura, comparativamente com a fórmula atualmente utilizada pela organização.

Evolução quantidade a encomendar - Referência 7-707-206-434

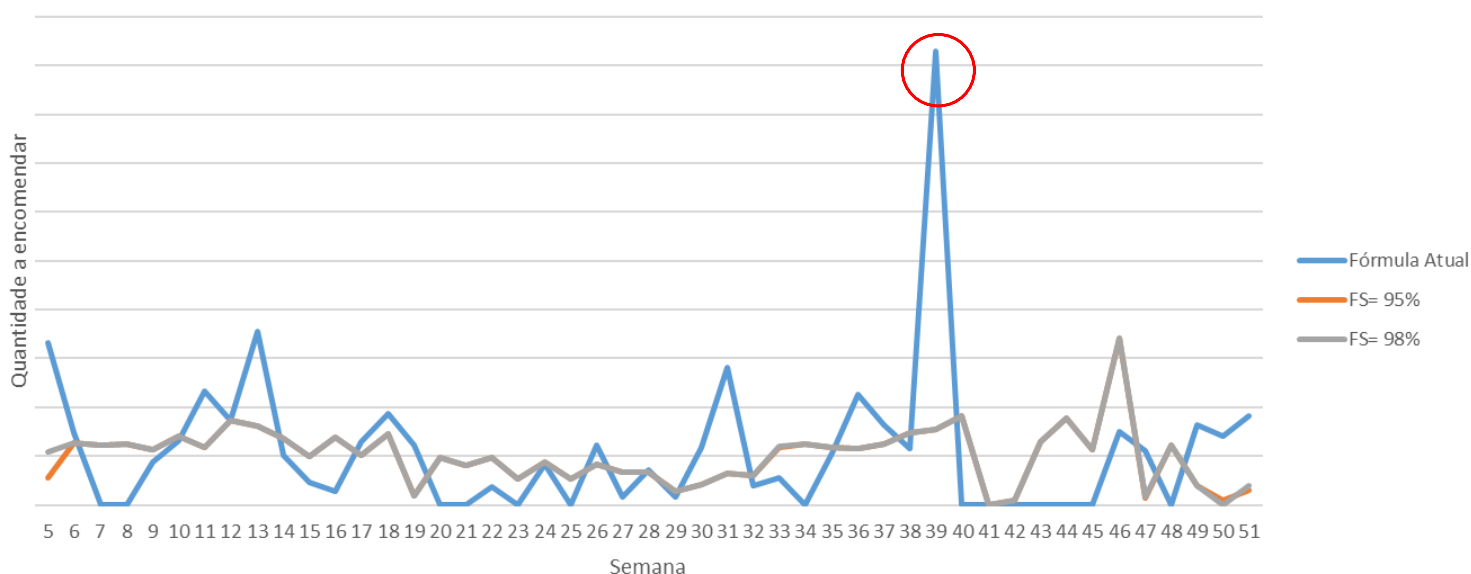


Figura 16 - Evolução quantidade a encomendar para a referência 7-707-206-434, recorrendo às propostas de melhoria.

Por fim, e de forma a determinar a causa do aumento do número de encomendas realizadas ao fornecedor e da diminuição do nível de inventário, analisou-se a frequência com que o *stock* de segurança é necessário para responder à variabilidade nos consumos. Na tabela 19 é possível verificar o resultado da análise por referência.

Tabela 19 - Número de semanas em que o *stock* de segurança é necessário par fazer face às variações do consumo

Referência	Número de Semanas	
	Atual	(4.6)
		95% e 98%
8-707-206-420	8	36
8-707-206-421	8	28
8-707-206-422	4	39
8-707-206-423	5	42
8-707-206-431	4	43
8-707-206-434	8	41
8-707-206-435	10	45
8-707-206-489	14	3
8-718-603-04A	6	43

Verifica-se que, com as propostas de melhoria sugeridas, a quantidade de semanas em que necessário recorrer ao *stock* de segurança para fazer face às variações do consumo aumenta significativamente. Este aumento esperado em face da conclusão obtida no capítulo 4.2.2, de que o consumo médio diário calculado com base em 3 semanas se encontrava inflacionado em menor percentagem quando calculado com base em 4 semanas, permite concluir que com as propostas de melhoria a função do *stock* de segurança de fazer face à variabilidade dos consumos é cumprida e atesta mais uma vez a elevada variabilidade existente.

Adicionalmente conclui-se que esta é a principal razão do aumento da frequência de encomenda e da diminuição dos níveis de inventário no sentido em que a quantidade a considerar num dos parâmetros do ROP (*stock* de segurança) ao ser utilizada com maior frequência, está a contribuir para o cálculo de um ROP mais próximo daquele que se deveria considerar.

Na figura 17 é possível verificar a percentagem do *stock* de segurança que é necessário utilizar para fazer face às variações do consumo para a referência 8-707-206-434, para as propostas de melhoria sugeridas e para a fórmula atualmente utilizada.

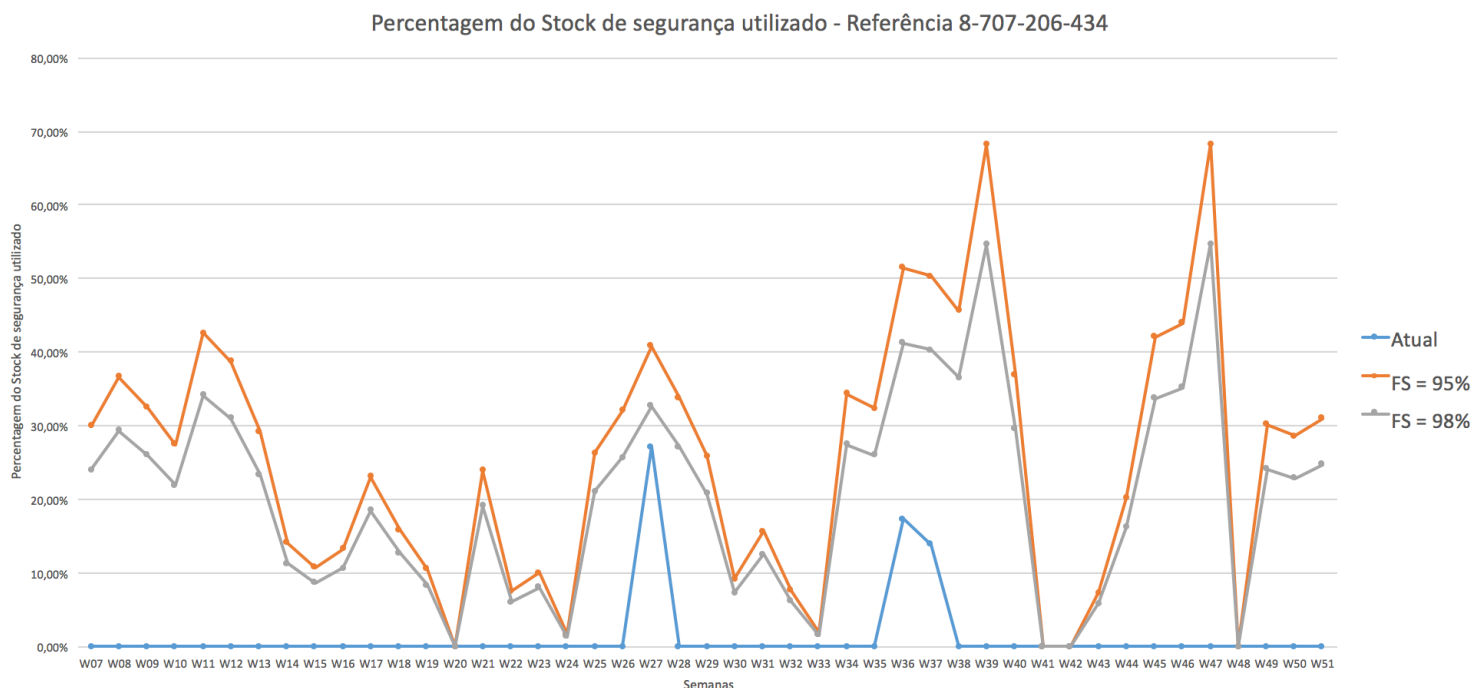


Figura 17 - Percentagem do *stock* de segurança utilizado para fazer face à variabilidade dos consumos - Referência 8-707-206-434

Atendendo aos valores obtidos conclui-se que a fórmula de *reorder point*, obtida através da combinação da soma da cobertura do reabastecimento e calculada com base num horizonte de 3 semanas, e a fórmula do *stock* de segurança, obtida tendo em conta o desvio padrão do consumo (σ_d), resulta numa redução significativa de nível de *stock*.

Outro fator importante é a determinação do impacto económico da redução de *stock* verificada. Na figura 18, é apresentado o impacto económico das melhorias propostas. Os valores apresentados correspondem ao valor económico médio em *stock* por semana.

Valor médio em inventário por semana

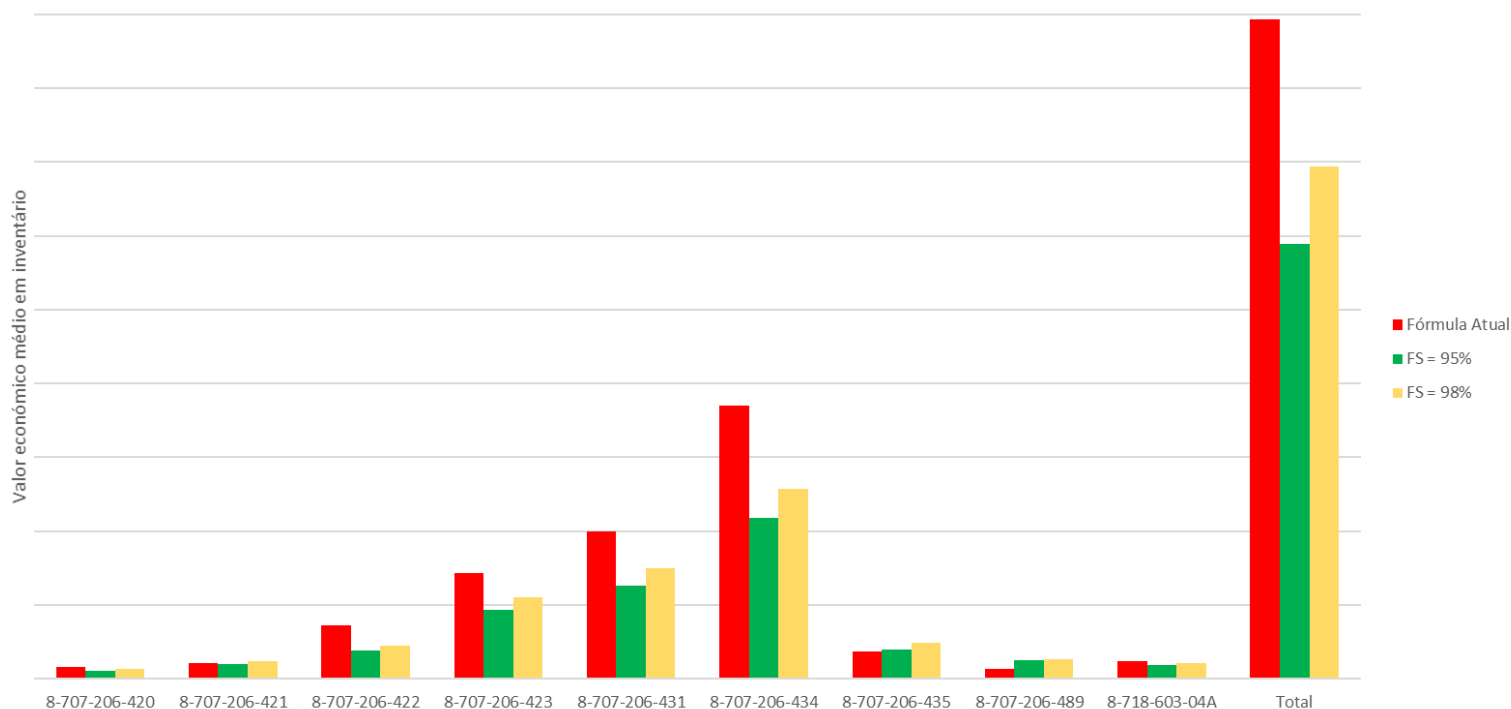


Figura 18 - Impacto económico médio obtido através das propostas de melhoria sugeridas.

É verificável que o impacto económico das propostas de melhoria em análise (para FS de 95% e 98%) é significativo. Para as referências 8-707-206-434, 8-707-206-431 e 8-707-206-423, cujo valor em *stock* é elevado comparativamente com as demais referências, em consequência do elevado consumo durante o ano, conclui-se que a aplicação da fórmula de *reorder point* proposta, resulta numa clara diminuição do valor em *stock* semanal. A redução semanal, em valor médio, é de aproximadamente 13.720,37 € (FS=95%) e 9.673,29 € (FS=98%), comparativamente com a situação atual.

Considerando o conjunto dos materiais em estudo verifica-se uma redução de valor de inventário de 34% e 22% para um fator de segurança de 95% e 98%, respetivamente. Relativamente à quantidade encomendada ao fornecedor em termos anuais, ocorre uma redução de 11% (55.685,13 €) e 10% (50.371,39 €) para um fator de segurança de 95% e 98%, respetivamente.

Conclui-se desta forma que a fórmula de *reorder point* ao ser calculada através da soma da cobertura durante o reabastecimento (calculado com base num ADC obtido através de um horizonte de 3 semanas) e o *stock* de segurança, obtido tendo em conta o desvio padrão do consumo (σ_d) para os dois fatores de segurança apresentados anteriormente, é uma medida de melhoria com impacto positivo e possível de ser aplicada na realidade.

4.4 Propostas de melhoria adicionais

Durante a realização do projeto aqui apresentado, foi iniciado na empresa um processo de implementação dos *Advance Ship Notice* (ASN). Esse processo terá impacto no processo de aprovisionamento, permitindo reduzir a variabilidade ao processo de colocação e entrega de encomendas e, consequentemente, permitirá reduzir os níveis de inventário.

O ASN consiste numa guia de remessa eletrónica, enviada pelo fornecedor eletronicamente (EDI) ao cliente, antes de este receber a encomenda. Consequentemente, a implementação dos ASNs permite uma integração da cadeia de abastecimento, na medida em que facilita uma ligação do fluxo de materiais entre o fornecedor e o cliente. Por outras palavras, o ASN possibilita à organização saber o que está a ser efetivamente enviado e quando chegará. De acordo com um estudo realizado pela UK (2010) com a implementação do ASN é possível uma poupança de aproximadamente £12 por encomenda. Ainda segundo UK (2010), a poupança é resultado de: uma maior rotação de *stocks*, otimização de espaço no meio transporte, redução nos custos administrativos, e na diminuição de situações de *stockout* e de atrasos no processo de entrega.

O processo ASN, descrito na figura 19, pode ser resumido nas seguintes etapas:

- O cliente envia a encomenda via EDI ao fornecedor;
- O fornecedor, no momento de envio da encomenda, emite o ASN que é automaticamente recebido pelo comprador/cliente (no seu sistema de gestão de inventário);
- O cliente pode confirmar se a quantidade enviada corresponde à quantidade encomendada, adicionalmente, obterá a informação relativa à data de chegada da encomenda;

- A receção do material, é realizada via *barcode*, permitindo uma maior rapidez no processo de receção e eliminando possíveis erros de receção (que poderá levar a desvios de *stock*).



Figura 19 - Fluxo de documentos EDI (ASN) em suporte ao processo de envio de encomenda. (GXS 2013)

Contudo, é necessário atender a alguns dos fatores identificados ao longo do desenvolvimento do projeto e que influenciam negativamente os níveis de inventário são:

- Desvios entre encomenda realizada ao fornecedor e quantidade enviada;
- Atrasos na entrega das encomendas;
- Desvios de *stock*.

Com a implementação dos ASNs, estas questões não sendo eliminados, serão reduzidas. A possibilidade de detetar numa fase inicial os desvios entre a quantidade encomendada e a enviada, e os atrasos na entrega permitirá à organização reagir com maior rapidez à variabilidade inerente ao processo de aprovisionamento. Por exemplo, o ASN promove a visibilidade ao longo da cadeia de abastecimento dos materiais em trânsito, permitindo realizar alterações ao plano de produção com maior antecedência e/ou realizar pedidos de transporte urgentes quando é imperativo satisfazer o plano de produção definido.

Adicionalmente, os desvios de *stock* por erros na receção serão eliminados uma vez que, no momento da receção, o conteúdo da guia de remessa (ordem de encomenda, materiais e quantidades enviadas) necessitam de coincidir com o ASN, reduzindo a intervenção humano e o tempo despendido no processo.

5 Conclusões e perspetivas de trabalho futuro

O projeto apresentado no decorrer da presente dissertação permitiu realizar um estudo aprofundado das diversas variáveis subjacentes ao processo de aprovisionamento de matérias-primas para fornecedores cujo planeamento é *pull*, possibilitando identificar e sugerir medidas de melhoria com vista à redução dos níveis de inventário.

Primeiramente, constatou-se que existe uma elevada variabilidade nos consumos a curto prazo que se reflete em previsões fortemente inflacionadas, o que conjugado com o método de aprovisionamento utilizado atualmente pela empresa que se baseia fundamentalmente no valor obtido através das previsões, permitiu concluir que os níveis de inventário e quantidades encomendadas não estão otimizados.

Com o objetivo de reduzir a exposição do processo de aprovisionamento à elevada variabilidade, averiguou-se a possibilidade de, tal como referido pela literatura, reduzir o horizonte temporal para o qual as previsões são utilizadas obtendo-se desta forma previsões mais precisas. Adicionalmente testou-se a possibilidade de calcular o *stock* de segurança através de fórmulas sugeridas na literatura que se baseiam em dados históricos dos consumos das matérias-primas, eliminando desta forma a variável que insere variabilidade no processo - previsões.

Os resultados obtidos permitiram concluir que há potencial de melhoria. A conjugação de um horizonte mais curto para o cálculo da cobertura durante o reabastecimento (RE) e de dados históricos dos consumos para o cálculo do *stock* de segurança, resultou numa clara redução da quantidade média em inventário (34 %) e da quantidade anual encomendada (11 %) e num aumento da frequência de encomenda anual (18 %). Consequentemente, em termos económicos o impacto expectável resultante da redução de inventário e da quantidade encomendada é de 13.720,37 € e 55.685,13 €, respetivamente. Em suma, com a realização deste projeto foi possível fornecer à empresa uma proposta de melhoria para o processo de aprovisionamento que se caracteriza por ser menos sensível às variações dos consumos a curto-prazo, comparativamente com a estratégia de aprovisionamento atualmente utilizada.

Como continuação do projeto apresentado, será pertinente alargar o estudo aos fornecedores cujo tipo de planeamento é semelhante ao fornecedor aqui apresentado. Desta forma para além da possibilidade de validar as conclusões aqui apresentadas, será possível obter um panorama mais abrangente no que diz respeito ao impacto das propostas de melhoria. Como medida imediata, as propostas aqui apresentadas poderão ser testadas no sistema de informação SAP em modo *offline* de forma a testar em profundidade e garantir que as propostas são exequíveis na realidade. Espera-se que, em caso de sucesso, numa fase posterior as propostas aqui apresentadas transitem para aplicação em contexto real.

Por último, será também pertinente verificar o impacto da implementação dos ASNs no processo de aprovisionamento. Uma vez que o projeto se encontra numa fase inicial não foi possível medir o impacto do mesmo. Contudo, e uma vez que se espera que quando o processo de implementação se encontre numa fase mais avançada, algumas variáveis que causam entropia no processo de aprovisionamento sejam eliminadas/mitigadas será importante medir o impacto do mesmo.

Referências

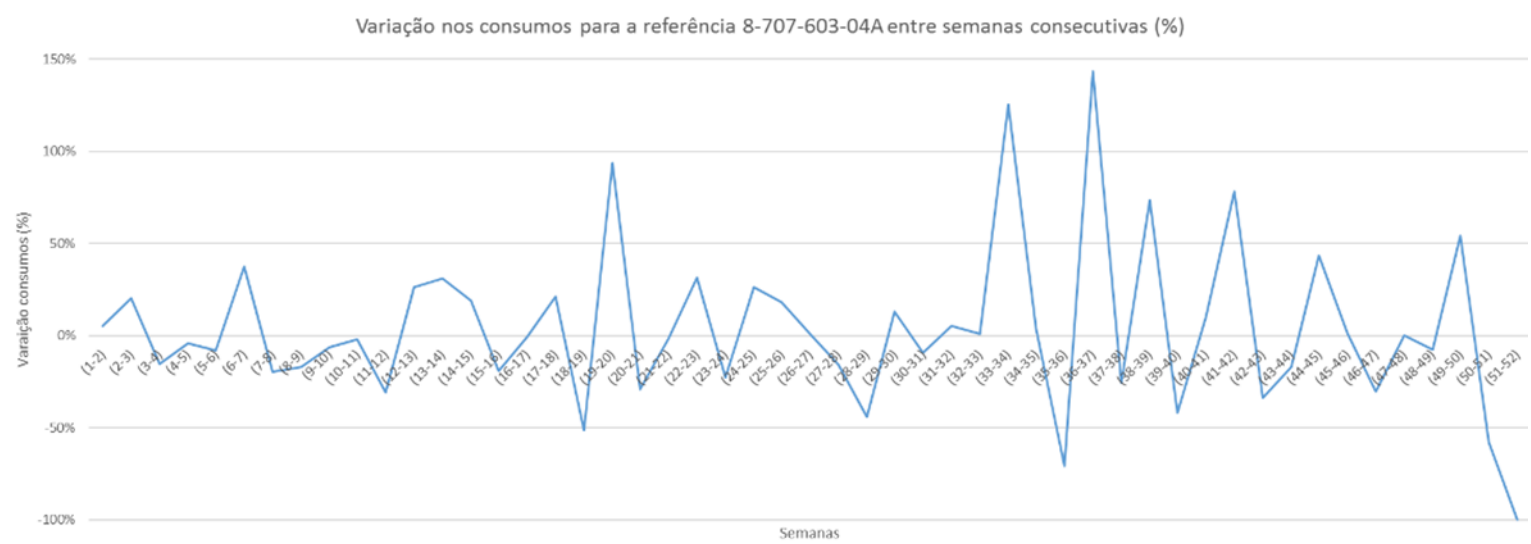
- Ballou, R. H. 2004. *Gerenciamento da Cadeia de Suprimentos: Logística Empresarial*. Vol. 5ª: São Paulo: Bookman.
- Caido, Jorge. 2011. *Métodos de Previsão em Gestão - Com Aplicações em Excel*. Vol. 2: Sílabo DeLurgio, Stephen A. 1998. *Forecasting Principles and Applications*. McGraw-Hill.
- Flores, Benito E., David L. Olson e V. K. Dorais. "Management of multicriteria inventory classification". *Mathematical and Computer Modelling* no. 16 (12):71-82.
- Gentry, Travis W, Bogdan M Wiliamowski e Larry R Weatherford. 1995. "A comparison of traditional forecasting techniques and neural networks". *Intelligent Engineering Systems Through Artificial Neural Networks* (5):765-770.
- GXS. 2013. *The Benefits of EDI*.
- Jacobs, F. Robert, Richard Chase e N.J. Aquilano. 2009. *Operations and Supply Management*.: McGraw-Hill.
- Jacobs, F. Robert e Richard B. Chase. 2013. *Operations and Supply Chain Management: The Core*. 3 ed.
- King, Peter L. 2011. "Crack the Code - Understanding safety stock and mastering its equations". *The Association for Operations Management - the performance advantage* (8):33-38.
- Lutz, Stefan, Hermann Löedding e Hans-Peter Wiendahl. 2003. "Logistics-oriented inventory analysis". *International Journal of Production Economics* no. 85 (2):217-231. <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0925527303001117>.
- Makridakis, Spyros G., Rob J. Hyndman e Steven C. Wheelwright. 1998. *Forecasting: methods and applications*. Wiley.
- Pyke, David F, Edward A. Silver e Rein Peterson. 1998. *Inventory Management and Production Planning and Scheduling*. Wiley.
- Reis, Lopes dos. 2005. *Manual da Gestão de Stocks - Teoria e Prática*.
- Ruiz-Torres, Mahmoodi F AJ. 2010. "Safety stock determination based on parametric lead time and demand information". *International Journal of Production Research* no. 48 (10):2841-2857.
- SAP. Acedido a 15/05/2017. <https://archive.sap.com/discussions/thread/3645952>.
- Schmidt, Matthias, Wiebke Hartmann e Peter Nyhuis. 2012. "Simulation based comparison of safety-stock calculation methods". *CIRP Annals - Manufacturing Technology* no. 61 (1):403-406. <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S000785061200056X>.
- Scholz-Reiter, Bernd, Jens Heger, Christian Meinecke e Johann Bergmann. 2012. "Integration of demand forecasts in ABC-XYZ analysis: practical investigation at an industrial company". *International Journal of Productivity and Performance Management* no. 61 (4):445-451. <http://www.emeraldinsight.com/doi/abs/10.1108/17410401211212689>.
- Sipper, Daniel e Robert Bulfin. 1997. *Production: Planning, Control, and Integration*. McGraw-Hill.
- Soares, Leandro. 2015. "Logística e gestão da cadeia de suprimentos: conceitos e diferenças". *Cad. Unisum Pesqui. Ext.* no. 5 (4):46-53.
- UK, GS1. 2010. *EDI Cost Savings Report - Cutting costs and paper with electronic transactions in the supply chain*.

- Zamcopé, Fábio Cristiano, Leonardo Ensslin, Sandra Rolim Ensslin e Ademar Dutra. 2010. "Modelo para avaliar o desempenho de operadores logísticos – um estudo de caso na indústria textil". *Gest. Prod., São Carlos* no. 17 (4):693-705.
- Zinn, Walter e Howard Marmorstein. 1990. "COMPARING TWO ALTERNATIVE METHODS OF DETERMINING SAFETY STOCK LEVELS: THE DEMAND AND THE FORECAST SYSTEMS". *Journal of Business Logistics* no. 11 (1):95-110. <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=bth&AN=9706182169&lang=pt-br&site=ehost-live&scope=site>.
- Ziukov, Serhii. 2015. "A Literature review on models of inventory management under uncertainty". *BUSINESS SYSTEMS and ECONOMICS* no. 5 (1):26-35.

ANEXO A: Variabilidade nos consumos a curto-prazo

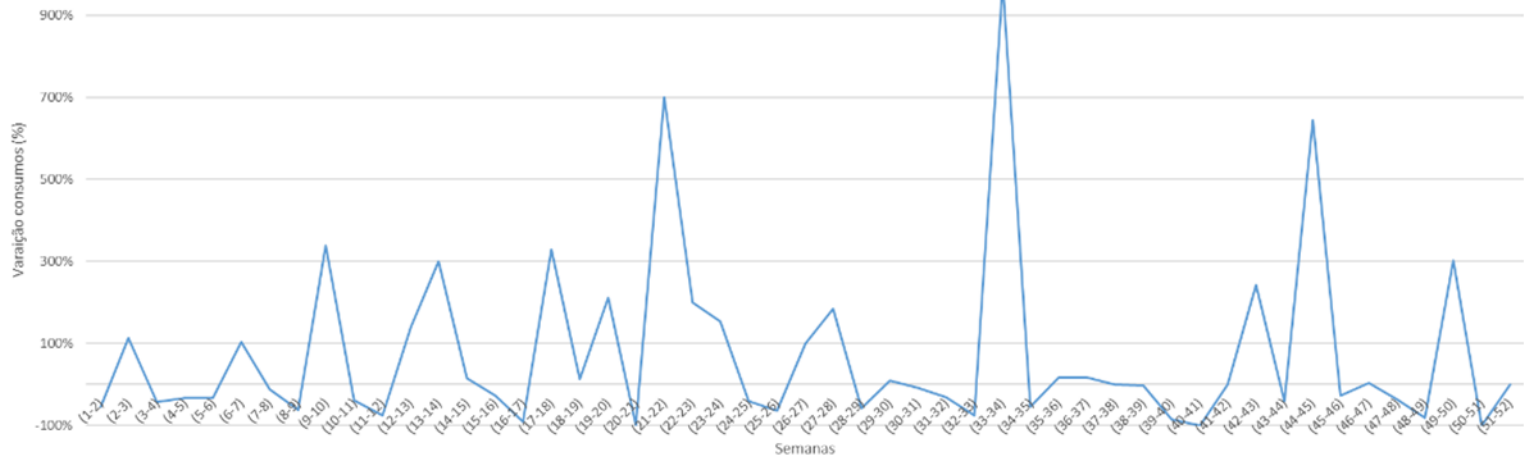


Definição de estratégias de aprovisionamento de matérias-primas em sistemas com elevada variabilidade

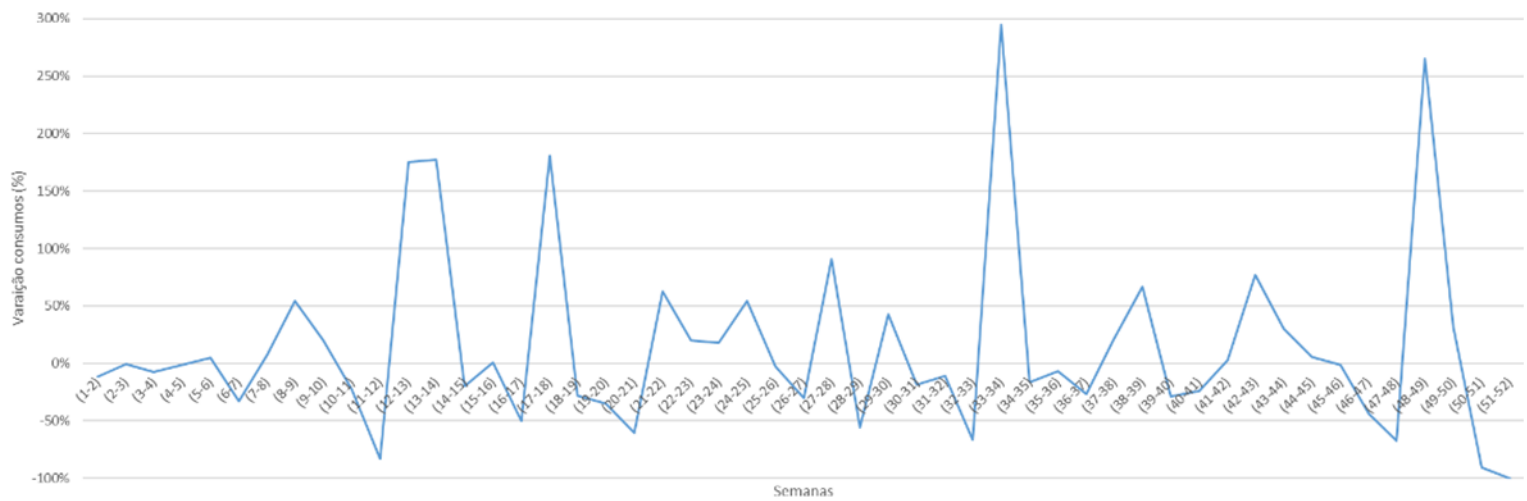


Definição de estratégias de aprovisionamento de matérias-primas em sistemas com elevada variabilidade

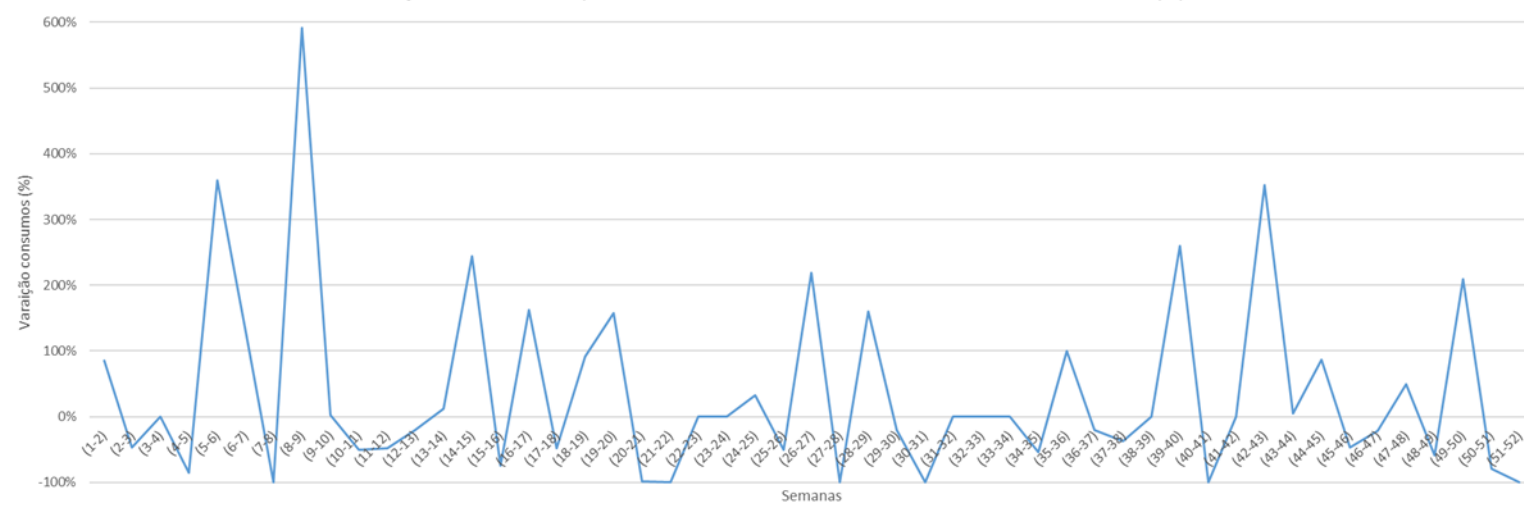
Variação nos consumos para a referência 8-707-206-421 entre semanas consecutivas (%)



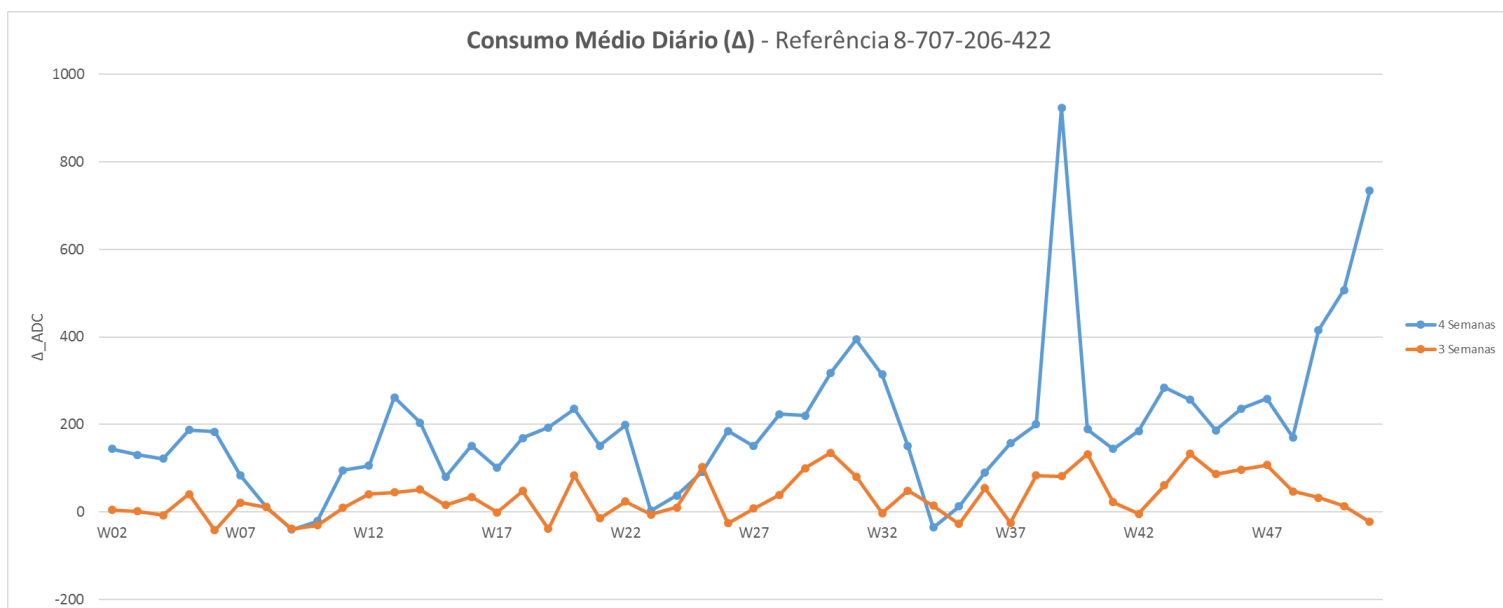
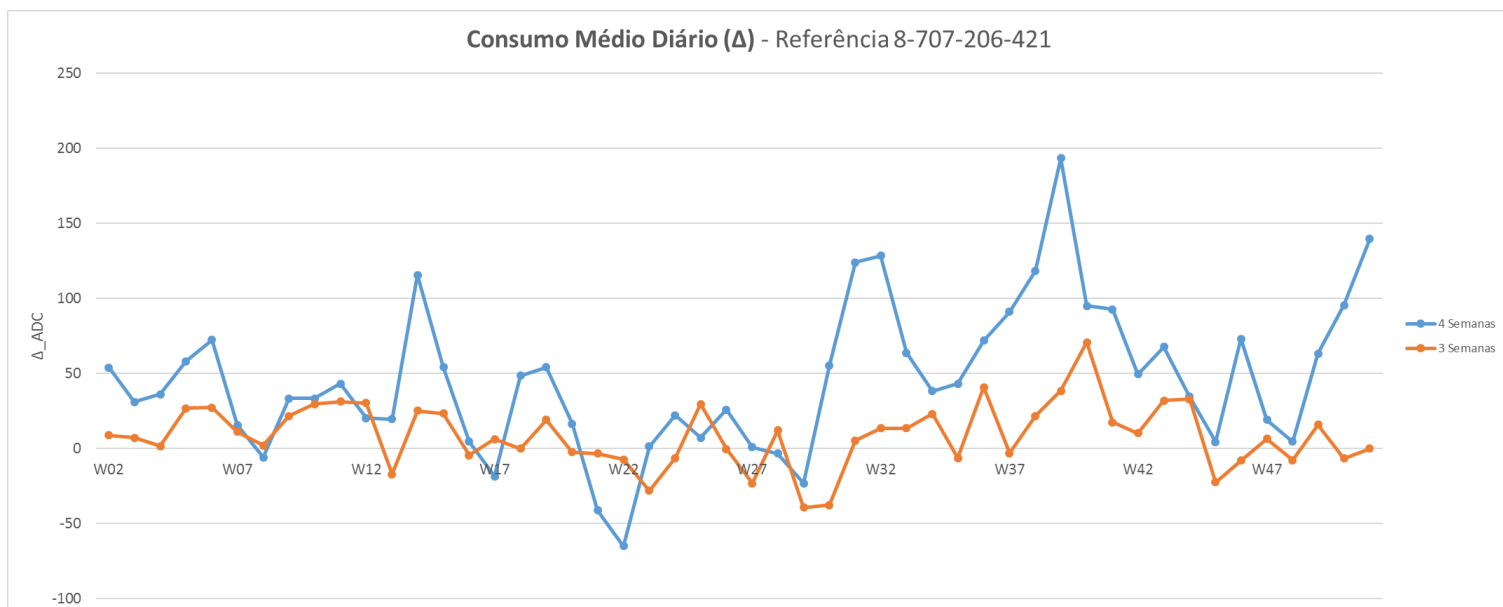
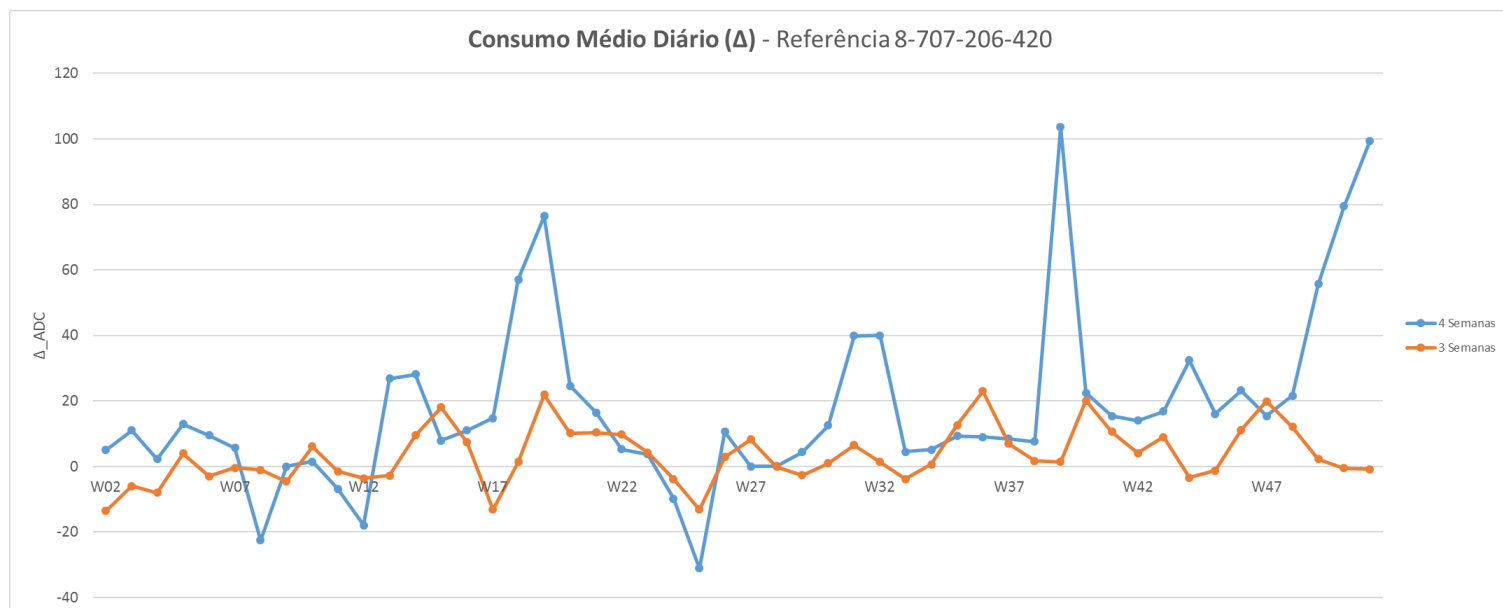
Variação nos consumos para a referência 8-707-206-420 entre semanas consecutivas (%)

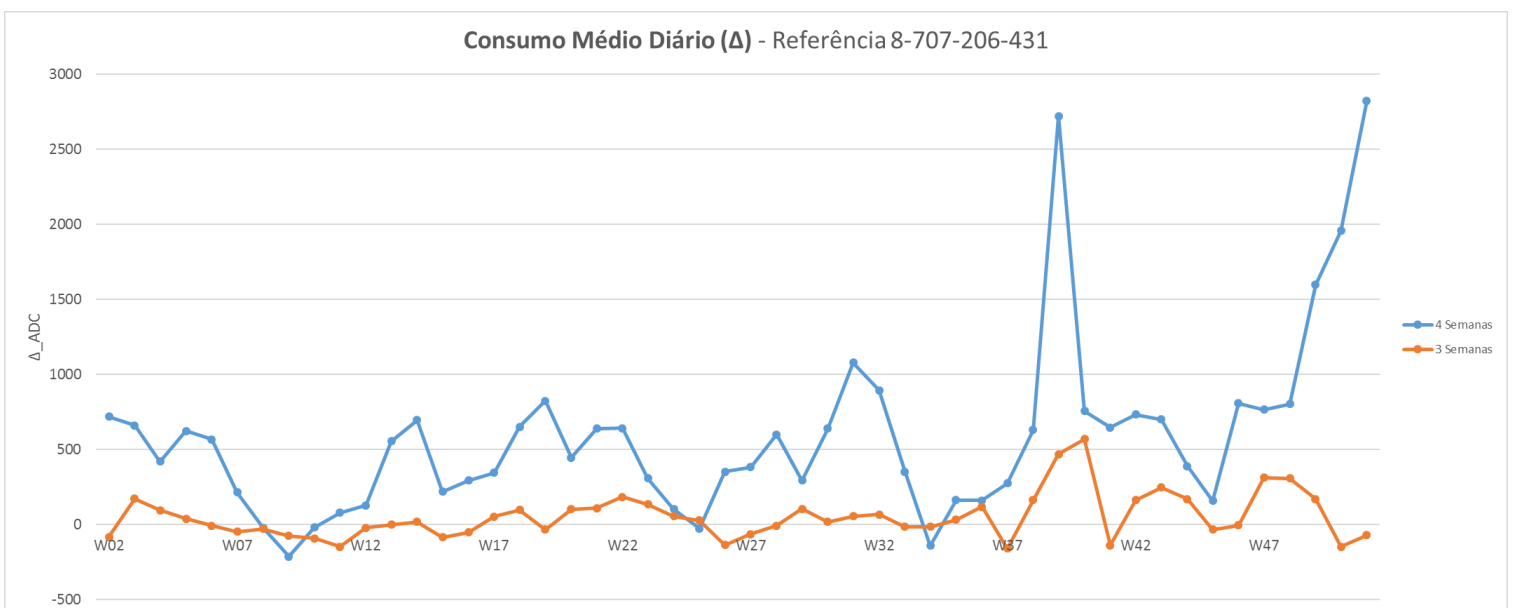
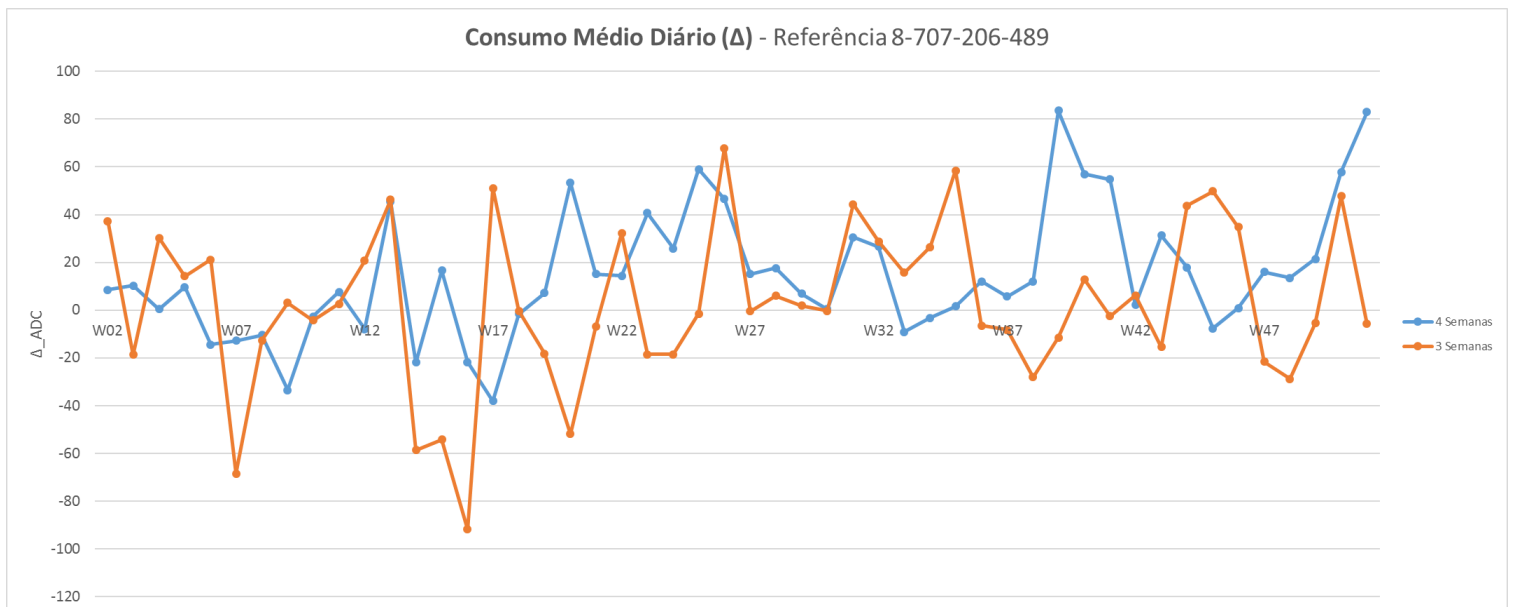
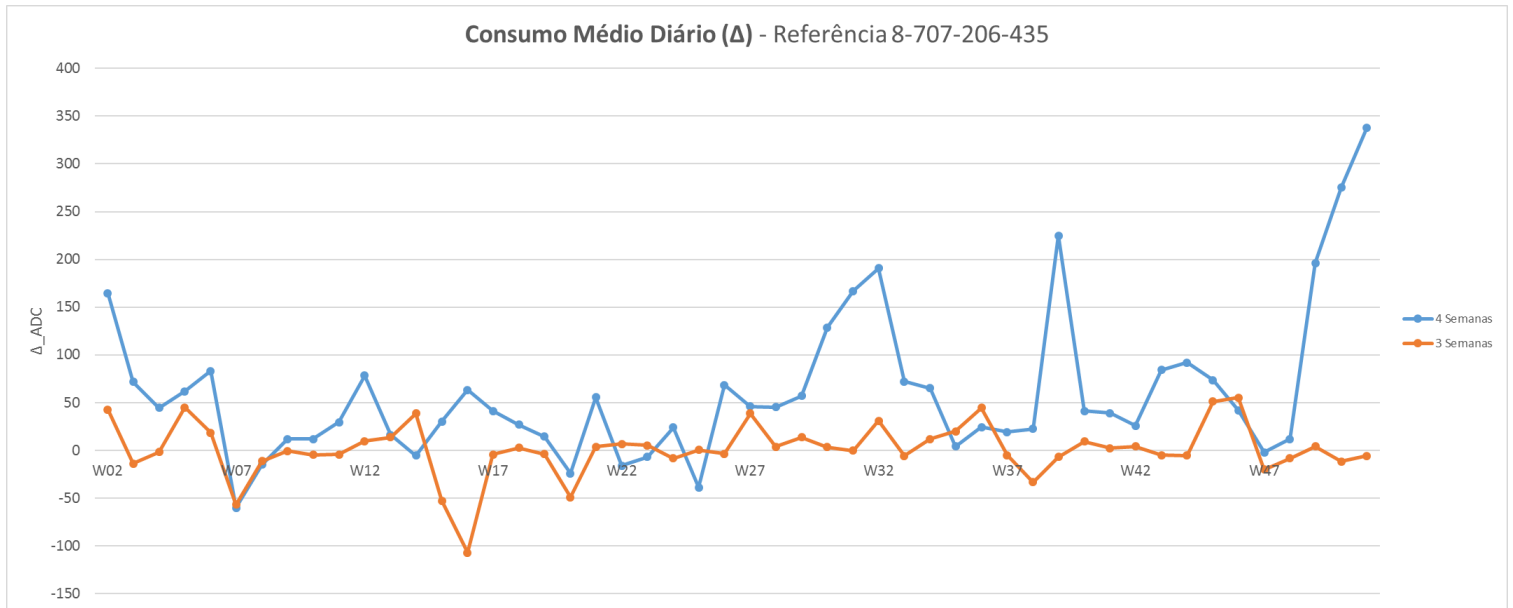


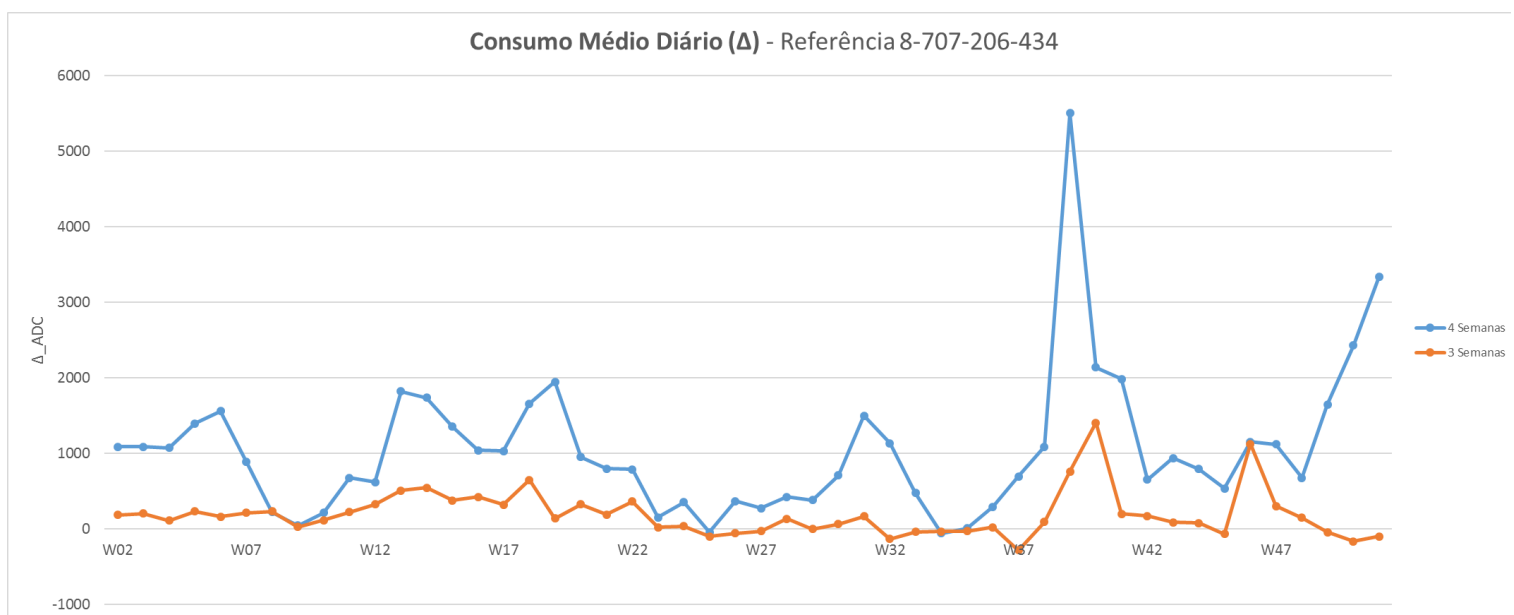
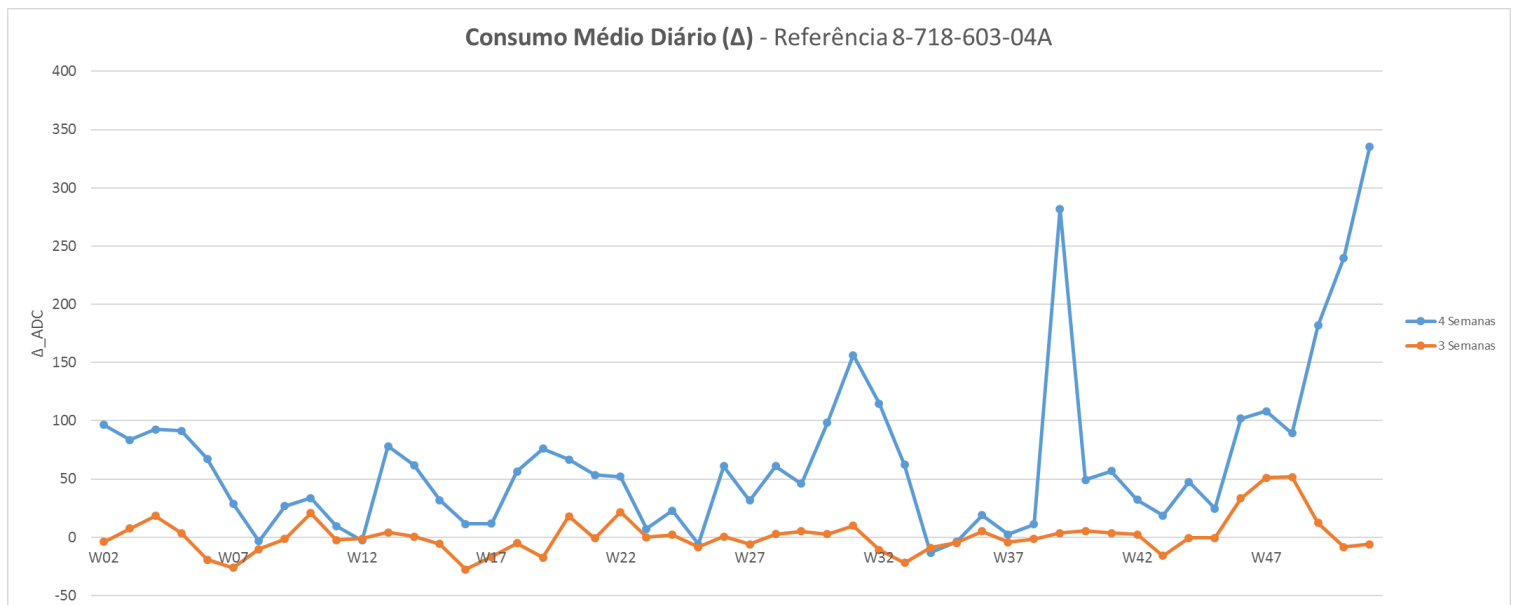
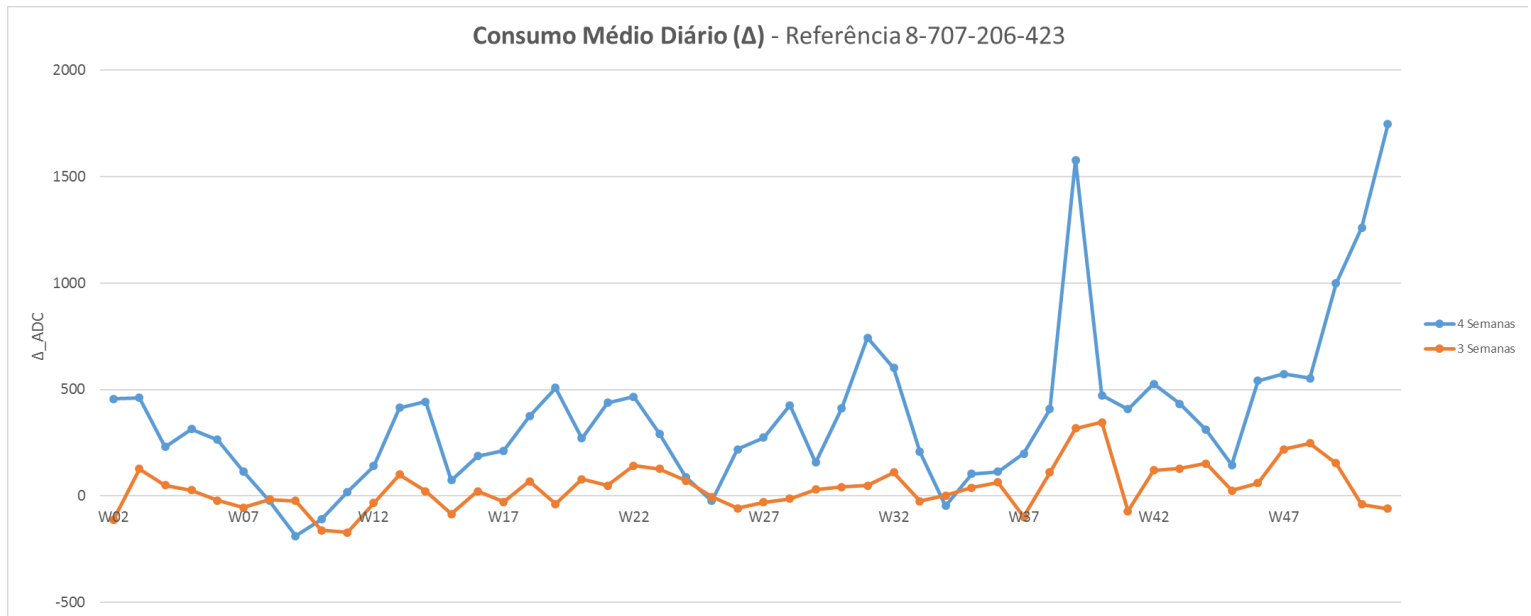
Variação nos consumos para a referência 8-707-206-489 entre semanas consecutivas (%)



ANEXO B: Consumo médio diário (Δ) por referência







ANEXO C: Resultados Simulação

Tabela 20 - Valores obtidos para cada referência através da diferentes combinações de propostas de melhoria, obtidos através da simulação – RE = 4 semanas.

8-707-206-420									
	Atual	(4.6) - 70%	(4.6) - 80%	(4.6) - 90%	(4.6) - 95%	(4.6) - 98%	(4.8)	(4.9)	(4.7)
Stock médio	1910	1379	1473	1599	1757	2051	1710	1613	1442
Nº encomendas	13	14	14	14	14	14	14	13	14
Nº ruturas	0	0	0	0	0	0	0	0	0

8-707-206-421									
	Atual	(4.6) - 70%	(4.6) - 80%	(4.6) - 90%	(4.6) - 95%	(4.6) - 98%	(4.8)	(4.9)	(4.7)
Stock médio	2421		2358	2738	3154	3466	4502		
Nº encomendas	18		20	20	21	21	16		
Nº ruturas	0	1	0	0	0	0	0	1	1

8-707-206-422									
	Atual	(4.6) - 70%	(4.6) - 80%	(4.6) - 90%	(4.6) - 95%	(4.6) - 98%	(4.8)	(4.9)	(4.7)
Stock médio	8388	6307	6912	7750	8443	9222	8346	6846	7404
Nº encomendas	34	40	40	40	40	40	30	39	40
Nº ruturas	0	0	0	0	0	0	0	0	0

8-707-206-423									
	Atual	(4.6) - 70%	(4.6) - 80%	(4.6) - 90%	(4.6) - 95%	(4.6) - 98%	(4.8)	(4.9)	(4.7)
Stock médio	16624	13019	14611	16824	18651	20708	17093	13657	13670
Nº encomendas	38	41	41	41	41	41	31	40	41
Nº ruturas	0	0	0	0	0	0	0	0	0

8-707-206-431									
	Atual	(4.6) - 70%	(4.6) - 80%	(4.6) - 90%	(4.6) - 95%	(4.6) - 98%	(4.8)	(4.9)	(4.7)
Stock médio	26762	20744	23268	26768	29659	32912		21956	21648
Nº encomendas	38	42	42	42	42	42		41	42
Nº ruturas	0	0	0	0	0	0	1	0	0

8-707-206-434									
	Atual	(4.6) - 70%	(4.6) - 80%	(4.6) - 90%	(4.6) - 95%	(4.6) - 98%	(4.8)	(4.9)	(4.7)
Stock médio	46021	34954	38763	44047	48410	53320	45249	37484	39644
Nº encomendas	33	41	41	41	41	41	28	42	41
Nº ruturas	0	0	0	0	0	0	0	0	0

8-707-206-435									
	Atual	(4.6) - 70%	(4.6) - 80%	(4.6) - 90%	(4.6) - 95%	(4.6) - 98%	(4.8)	(4.9)	(4.7)
Stock médio	4520	3704	4581	5805	6839	7983	5396	3145	5084
Nº encomendas	29	32	33	34	34	34	23	33	33
Nº ruturas	0	0	0	0	0	0	0	0	0

8-707-206-489									
	Atual	(4.6) - 70%	(4.6) - 80%	(4.6) - 90%	(4.6) - 95%	(4.6) - 98%	(4.8)	(4.9)	(4.7)
Stock médio	1584		1506	1584	1877	1994	2713	2481	1545
Nº encomendas	11		10	11	11	11	9	11	11
Nº ruturas	0	1	0	0	0	0	0	0	0

8-718-603-04A									
	Atual	(4.6) - 70%	(4.6) - 80%	(4.6) - 90%	(4.6) - 95%	(4.6) - 98%	(4.8)	(4.9)	(4.7)
Stock médio	3260	2782	3103	3563	3936	4355	3348	2801	2955
Nº encomendas	34	35	35	36	36	36	32	36	35
Nº ruturas	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Tabela 21 - Valores obtidos para cada referência através das diferentes combinações de propostas de melhoria, obtidos através da simulação – RE = 3 semanas.

8-707-206-420								
	Atual	(4.6) - 70%	(4.6) - 80%	(4.6) - 90%	(4.6) - 95%	(4.6) - 98%	(4.8)	(4.7)
Stock médio	1212	998	1095	1251	1407	1602	1349	1056
Nº encomendas	12	12	12	12	13	13	13	12
Nº ruturas	0	0	0	0	0	0	0	0

8-707-206-421								
	Proposto	(4.6) - 70%	(4.6) - 80%	(4.6) - 90%	(4.6) - 95%	(4.6) - 98%	(4.8)	(4.7)
Stock médio			1710	1925	2315	2705	3741	
Nº encomendas			19	19	20	20	15	
Nº ruturas	2	3	0	0	0	0	0	5

8-707-206-422								
	Proposto	(4.6) - 70%	(4.6) - 80%	(4.6) - 90%	(4.6) - 95%	(4.6) - 98%	(4.8)	(4.7)
Stock médio				3737	4434	5208		3414
Nº encomendas				44	45	45		44
Nº ruturas	7	16	6	0	0	0	4	0

8-707-206-423								
	Proposto	(4.6) - 70%	(4.6) - 80%	(4.6) - 90%	(4.6) - 95%	(4.6) - 98%	(4.8)	(4.7)
Stock médio					10845	12878		
Nº encomendas					43	44		
Nº ruturas	12	18	8	2	0	0	8	15

8-707-206-431								
	Proposto	(4.6) - 70%	(4.6) - 80%	(4.6) - 90%	(4.6) - 95%	(4.6) - 98%	(4.8)	(4.7)
Stock médio				14086	16932	20175		
Nº encomendas				43	44	44		
Nº ruturas	16	20	9	0	0	0	9	17

8-707-206-434								
	Proposto	(4.6) - 70%	(4.6) - 80%	(4.6) - 90%	(4.6) - 95%	(4.6) - 98%	(4.8)	(4.7)
Stock médio				22787	27154	32050		
Nº encomendas				46	46	45		
Nº ruturas	9	17	3	0	0	0	6	2

8-707-206-435								
	Proposto	(4.6) - 70%	(4.6) - 80%	(4.6) - 90%	(4.6) - 95%	(4.6) - 98%	(4.8)	(4.7)
Stock médio			2654	3875	4888	6016		3154
Nº encomendas			35	37	38	38		36
Nº ruturas	19	4	0	0	0	0	4	0

8-707-206-489								
	Proposto	(4.6) - 70%	(4.6) - 80%	(4.6) - 90%	(4.6) - 95%	(4.6) - 98%	(4.8)	(4.7)
Stock médio	3652	2394	2509	2892	3105	3217	3824	2734
Nº encomendas	10	10	10	10	11	11	10	10
Nº ruturas	0	0	0	0	0	0	0	0

8-718-603-04A								
	Proposto	(4.6) - 70%	(4.6) - 80%	(4.6) - 90%	(4.6) - 95%	(4.6) - 98%	(4.8)	(4.7)
Stock médio			1666	2068	2487	2894		
Nº encomendas			39	39	40	40		
Nº ruturas	10	9	0	0	0	0	4	2